

LÉGKÖR

70. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

**A LÉGKÖRI CO₂ SZEREPE A FÖLD
ÉGHAJLATÁBAN**

JELLEGZETES HELYI SZELEK

**HŐMÉRSÉKLETADATOK ELEMZÉSE
AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN**

AGROMETEOROLÓGIAI FEJLESZTÉSEK

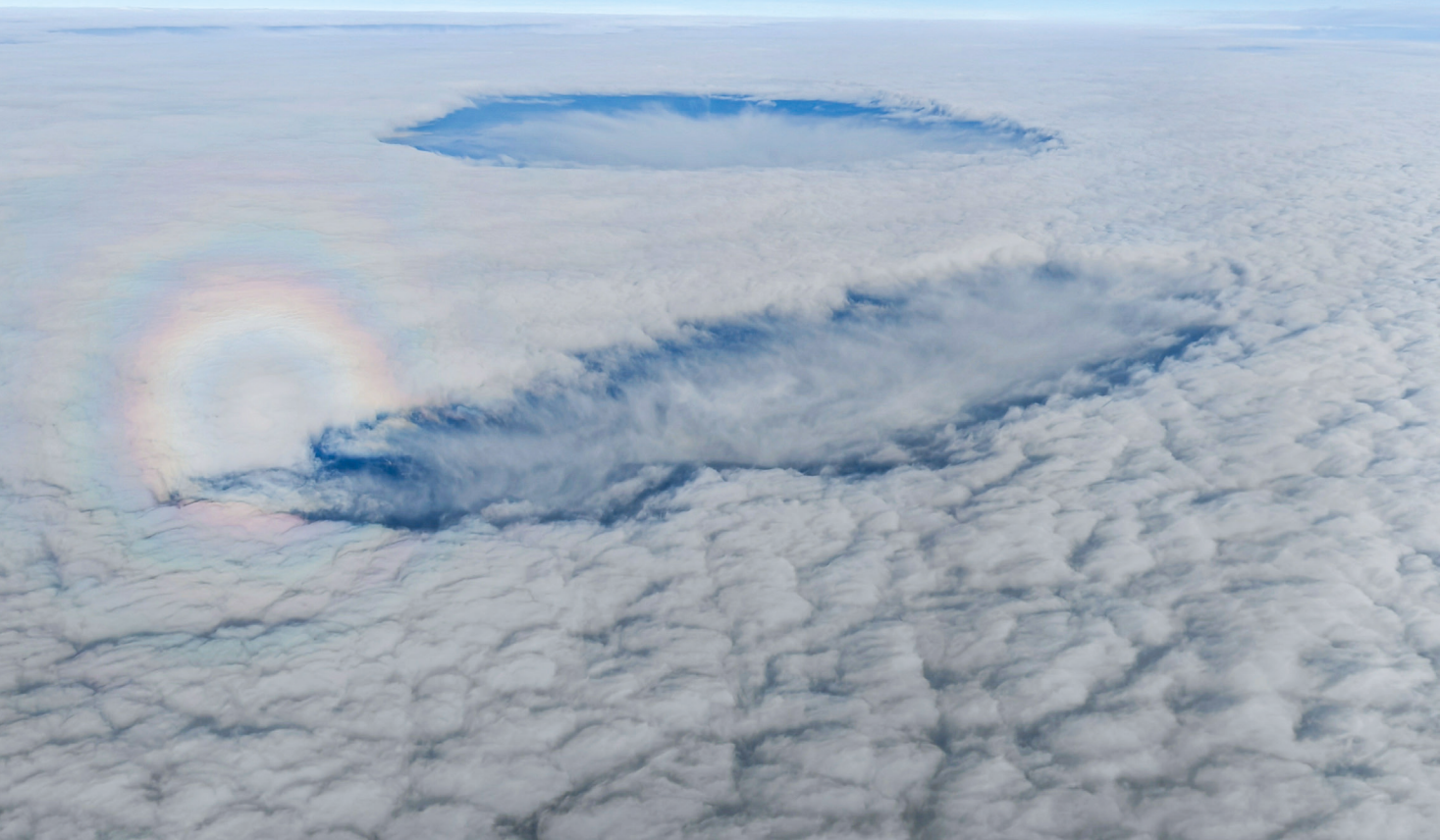
ELHUNYT ANTAL EMÁNUEL

**100 ÉVES A MAGYAR METEOROLÓGIAI
TÁRSASÁG**

2025. ÁPRILIS

Lyukfelhők és glória

*A 8 km magasan, -30 °C fokos túlhűlt vízcseppekből álló felhőrétegen a jegesedés következtében „horpadások” látszanak.
Csernok Gyula, Spanyolország, Valencia tartomány felett, 2024. november 8.*



*Szivárvány „közeli” – élénk spektrális színek a teleobjektív lencséjén keresztül
Deák István, Hédervár*

LÉGKÖR

70. évfolyam 2. szám
2025. április

A HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT. ÉS
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

Kiadja a
HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT.
1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1.

A kiadásért felel:
a HUNGAROMET NZRT. vezérigazgatója

Készült:
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:
Hlinka Károly

ISSN 0133-3666

Készült 500 példányban

Éves előfizetési díja: 3600 Ft
A Magyar Meteorológiai Társaság
tagjai számára ingyenes.
Megrendelhető a legkor@met.hu címen.



Főszerkesztő: Fejes Edina

Főszerkesztő-helyettes: Tóth Róbert

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ELNÖK:

Dr. Haszpra László

TAGOK:

Dr. Barcza Zoltán, Dr. Bartholy Judit,
Bíróné Dr. Kircsi Andrea, Dr. Bonta Imre,
Dr. Dobi Ildikó, Dr. Gál Tamás, Kolláth Kornél,
Dr. Lakatos Mónika, Dr. Leélössy Ádám,
Péliné Dr. Németh Csilla, Dr. Sarkadi Noémi,
Dr. Somfalvi-Tóth Katalin, Dr. Szépszó Gabriella,
Dr. Szintai Balázs, T. Puskás Márta

Olvasószerkesztő: Fritz Petra

Tervezszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

TARTALOM

ÚJVÁRI GÁBOR: A légköri szén-dioxid szerepe a Föld éghajlatának alakításában az elmúlt 66 millió évben: tanulságok a jelen globális felmelegedés vonatkozásában <i>The role of atmospheric carbon dioxide in shaping Earth's climate over the past 66 million years: lessons for current global warming</i>	70
KURCSICS MÁTÉ, HORVÁTH ÁKOS, GERESDI ISTVÁN: A Kárpát-medence térségének jellegzetes helyi szelei <i>Typical local winds in the Carpathian Basin region</i>	80
JAKUSCHNÉ KOCSIS TÍMEA, PONGRÁCZ RITA, HATVANI ISTVÁN GÁBOR, MAGYAR NORBERT, ANDA ANGÉLA, KOVÁCSNÉ SZÉKELY ILONA: A keszthelyi homogenizált hőmérsékleti adatok elemzése különös tekintettel a 20. század eleji felmelegedés jeleire <i>Analysis of homogenized temperature data from Keszthely with special attention to signs of warming in the early 20th century</i>	87
KOVÁCS ATTILA, ERDŐDINÉ MOLNÁR ZSÓFIA: Agrometeorológiai fejlesztések a HungaroMetnél <i>Agrometeorological developments at HungaroMet</i>	92
HÍREK	97
LAKATOS MÓNIKA: 100 éves a Magyar Meteorológiai Társaság – az ünnepi ülés összefoglalója	98
SZABÓ DOROTTYA: Meteorológiai Világnap a HungaroMetnél	102
LÁBÓ-SZAPPANOS ESZTER, DOBI ILDIKÓ: Török delegáció látogatott a HungaroMet székházába	106
TÓTH RÓBERT: Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése	108
SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: 2024/2025 telének időjárása	112
ERDŐDINÉ MOLNÁR ZSÓFIA, KOVÁCS ATTILA VIKTOR: 2024 telének időjárása agrometeorológiai szempontból	118
MARTON ANNAMÁRIA, IZSÁK BEATRIX, SZENTES OLIVÉR, SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: A 2024. év éghajlati elemzése	120
KÖNYVAJÁNLÓ	127
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	129

SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

A LÉGKÖR meteorológiai tárgyú, a légkörtudományhoz kapcsolódó tudományos és ismeretterjesztő írásokat, szakmai beszámolókat és rövid ismertetőket, híreket közöl magyar nyelven. A kéziratokat anonim szaklektorok véleménye alapján a szerkesztőbizottság fogadja el. A közlésre szánt írások elektronikus formában nyújthatók be a legkor@met.hu e-mail címen. A cikkekkel kapcsolatos formai elvárásokat a www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/ oldalon részletezzük.



A légköri szén-dioxid szerepe a Föld éghajlatának alakításában az elmúlt 66 millió évben: tanulságok a jelen globális felmelegedés vonatkozásában

Újvári Gábor

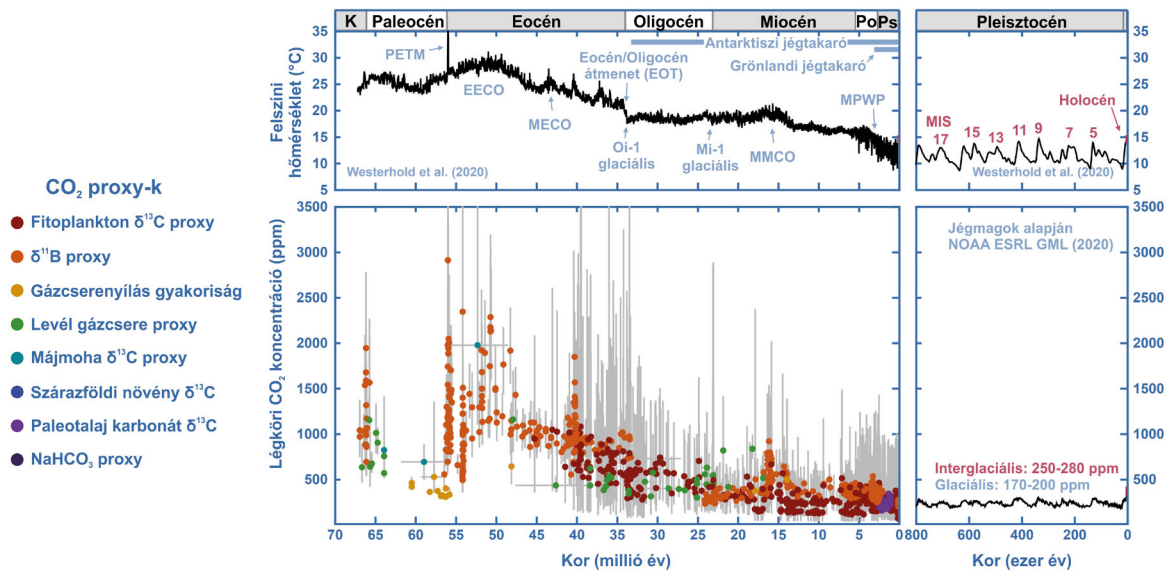
HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet ujvari.gabor@csfk.hun-ren.hu

DOI: 10.56474/legkor.2025.2.1

A kainozoikum (elmúlt 66 millió év) során, egy a geológiai rekordokban jól nyomon követhető globális lehűlés zajlott a légköri szén-dioxid (CO₂) koncentráció drasztikus csökkenésével párhuzamosan. Az üledékes kőzetekbe zárt paleoklíma-információk arról tanúskodnak, hogy a légköri CO₂-koncentráció igen erős kapcsolatban volt a globális felszíni hőmérséklettel, gyakorlatilag minden időskálán (10³ – 10⁶ év). A légköri CO₂ némely periódusban éghajlati kényszerként jelentkezett, más esetben pozitív visszacsatolásként felerősítette a globális hőmérsékletváltozásokat, amelyeket egyéb éghajlatalakító tényezők (pl. földpályaelem kényszerek, a kontinensek földrajzi eloszlása, vulkanizmus stb.) szabályozták. A földtörténet különböző klímaállapotairól szerzett eddigi információk nagyban segítették az éghajlati rendszer működésének megértését és rámutatnak a légköri CO₂ (és a globális szén-ciklus) klímaszabályozó szerepére.

The role of atmospheric carbon dioxide in shaping Earth's climate over the past 66 million years: lessons for current global warming

During the Cenozoic era (spanning the last 66 million years), significant global cooling has been extensively documented in the geological record, coinciding with a substantial decline in atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentrations. Palaeoclimate information in sedimentary archives demonstrates that atmospheric CO₂ concentrations were strongly related to global surface temperatures on virtually all timescales (10³ – 10⁶ years). Atmospheric CO₂ has been demonstrated to act as a climate forcing in certain periods, and in other cases as a positive feedback amplifying global temperature variations that were controlled by other climate forcing factors (e.g. orbital forcing, geographic distribution of continents, volcanism, etc.). The wealth of information gathered thus far concerning the diverse climate states that have characterised the Earth's history has significantly enhanced our comprehension of the functioning of the climate system. This has led to the identification of the pivotal role played by atmospheric CO₂ (and the global carbon cycle) in regulating climate.



1. ábra. A globális felszíni hőmérséklet (GFH) és a légköri CO_2 -koncentráció alakulása a kainozoikum során. Rövidítések az angol megfelelő alapján: PETM – paleocén-eocén hőmérsékleti maximum (Paleocene-Eocene Thermal Maximum), EECO – korai-eocén klímooptimum (Early Eocene Climatic Optimum), MECO – középső-eocén klímooptimum (Middle Eocene Climatic Optimum), EOT – eocén-oligocén átmenet (Eocene-Oligocene Transition), MMCO – középső-miocén klímooptimum (Mid-Miocene Climatic Optimum), MPWP – középső-pleiocén meleg periódus (Mid-Pliocene Warm Period), MIS – tengeri izotóp stádium (Marine Isotope Stage). A GFH-adatsor alapját Cibicidoides és Nuttallides bentikus foraminiferák héjain készült oxigénizotóp-elemzések adatai képezik. Az említett foraminiferákat az Ocean Drilling Program (ODP) és az Integrated Ocean Drilling Program (IODP) expedíciói során fűrt, karbonátban gazdag mélytengeri üledékekből nyerték ki. A 0 és 34 millió évek közötti intervallum átlagos felbontása 2 ezer év; a 34 és 67 millió évek közötti intervallum esetében 4,4 ezer év. További információ: Westerhold et al. (2020). A CO_2 adatok forrása: The CenCO2PIP Consortium (2023).

A jelenkori globális felmelegedés kapcsán szüntelen tudományos viták zajlanak annak kimutathatóságáról, valamint arról is, hogy a jelenség kielégítően magyarázható-e egy természetes éghajlati változékonysággal (Szarka, 2024) vagy az döntően a légkörben egyre növekvő koncentrációban jelenlévő szén-dioxid (CO_2) okozta többlet sugárzási kényszer hatása (IPCC, 2023). További vitás kérdés többek között, hogy maga a légköri CO_2 -többlet vajon döntően antropogén vagy egyéb fosszilis szénforrásból (pl. vulkáni kigázosodásból) származik-e. Az említett kérdések és a légköri CO_2 szerepének megértéséhez érdemes lehet a geológiai múltban jellemző klímaállapotok és éghajlatváltozások, valamint az ezeket alakító tényezők és a geológiai archívumokból rekonstruálható globális hőmérséklet és a CO_2 kapcsolatát közelebbről is megvizsgálni. A jelen tanulmány éppen erre vállalkozik anélkül, hogy egy részletes, átfogó képet próbálna nyújtani a múlt klímaváltozásairól. Elsődleges célja, hogy a földtörténet elmúlt 66 millió évének klímaváltozásain, és ezen belül néhány kiemelt példán keresztül mutassa be az egyes éghajlatalkító tényezők szerepét és értékelje, hogy a geológiai archívumokban rögzült klímaváltozások

milyen módon és mértékben szolgálhatnak analógiaként a jelen globális felmelegedés mértékének és hatótényezőinek megértése szempontjából.

Éghajlati trendek, felszíni hőmérséklet és a légköri CO_2 kapcsolata a kainozoikum során

A kainozoikumot jellemző fő, hosszútávú éghajlati trend egy több lépcsőben megjelenő, jelentős globális lehülés (Zachos et al., 2001), mellyel párhuzamosan a légköri CO_2 -koncentráció szignifikáns csökkenése figyelhető meg (1. ábra). A paleocént 25 °C körüli globális felszíni hőmérséklet (GFH) jellemezte, amely tovább emelkedve a korai eocén klímooptimum (Early Eocene Climatic Optimum, EECO) során érte el a 28–30 °C körüli maximumát az utolsó 66 millió évben (Westerhold et al., 2020). Az EECO-t követően egy globális lehülési trend kezdődött, egyelőre még viszonylag magas GFH értékekkel a késő eocénben. A paleocén-eocén során meglehetősen magas (650–2500 ppm közötti) légköri CO_2 -szintek rekonstruálhatók (The

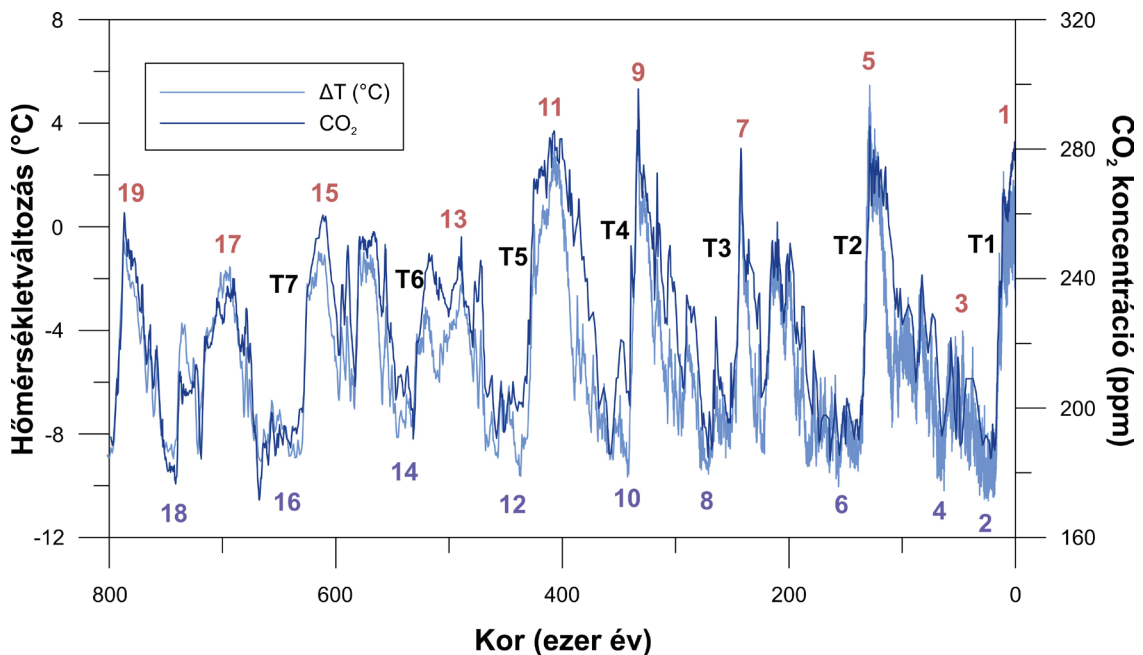
CenCO₂PIP Consortium, 2023), melyek a paleocén/eocén határon és az EECO során tetőztek egy-egy rövid periódusú (~10⁵ év) hipertermális eseményhez kapcsolódva (*Zachos et al.*, 2008). A legjelentősebb ezen események sorában a paleocén-eocén hőmérsékleti maximum (Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM, ~56 millió év), amely egy 170 ezer éven át tartó, extrém meleg időszaka volt a földtörténetnek. Az esemény hátterében részben földpályaelem-kényszerek (excentricitás maximum, *Zeebe és Louerns*, 2019), részben pedig nagy mennyiségű, valószínűleg vulkanikus eredetű szén-dioxid, illetve tenger alatti metán-klatrátrából és/vagy a felolvadó permafrosztból felszabaduló metán légkörbe kerülése állhatott (*DeConto et al.*, 2012), melynek során 5–6000 év alatt becslések szerint ~3200–12000 Gt, ¹³C-ben kiürült szén került a légkör-óceán rendszerbe (*Turner*, 2018). Ez a jelentős szén ciklus-perturbáció globálisan nyomot hagyott mind a mélytengeri, mind pedig a szárazföldi üledékekben (negatív szénizotóp kilengés, δ¹³C) és drasztikus hőmérséklet-emelkedéshez, a hidrológiai ciklus jelentős átalakulásához, az óceánok elsavasodásához, valamint a szárazföldi emlősfanának és a tengeri élőlények egy részének kihalásához vezetett (*McInerney és Wing*, 2011). A paleocén/eocénre általában jellemzőek voltak a szignifikánsan csökkent meridionális hőmérsékleti gradiensek (*Greenwood és Wing*, 1995) és az ún. melegház klímaállapotok (*Judd et al.*, 2024).

A globális (és mélytengeri) hőmérséklet lépcsőszerű, jelentősebb csökkenésére az eocén/oligocén átmenet (Eocene/Oligocene Transition, EOT, ~33.6 millió év) körül, pár százezer év alatt került sor, ami az Oi-1 eljegesedéshez és a kelet-antarktiszi jégtakaró kialakulásához vezetett, földpályaelem-kényszereknek (*Liebrand et al.*, 2017) és a trendszerűen csökkenő légköri CO₂-koncentrációnak köszönhetően, ami nagyjából 750 ppm körüli CO₂-határértéknél tette lehetővé az Antarktisz eljegesedését (*DeConto et al.*, 2008). Az oligocén végén egy enyhe melegedési trend indult, ami a középső miocén klímaoptimum (Middle Miocene Climatic Optimum, MMCO) során tetőzött. Az antarktiszi jégtakaró kiterjedése ebben az időben lecsökkent, de az időszak során egy-egy rövid periódusú glaciális (pl. Mi-1) is megjelent (*Zachos et al.*, 2001). Az MMCO-t követően a globális hőmérsékletcsökkenés (egy-egy rövidebb felmelegedési fázistól eltekintve, pl. középső pliocén meleg periódus, MPWP) tovább folytatódott és nagyjából 3 millió év körül megindult az északi pólus eljegesedése is (*Zachos et al.*, 2001; *Westerhold et al.*, 2020), mintegy 280 ppm körüli CO₂-koncentráció mellett (*DeConto et al.*, 2008).

Míg a pliocén és korai pleisztocén éghajlatát és a globális jégtakarót alapvetően a 41 ezer éves (tengelyferdeség) periódusok határozták meg, addig a középső-pleisztocén átmenetet (Middle Pleistocene Transition, MPT, 1,25-0,8 millió év) követően nagyobb amplitúdójú és ~100 ezer éves periódusú eljegesedések jelentek meg (*Chalk et al.*, 2017). A glaciális-interglaciális éghajlati ingadozásokat nagyrészt a Föld pályájának és forgástengelye dőlésszögének megváltozását követő, a besugárzás tér- és időbeli eloszlásában bekövetkező eltérések idézik elő, az éghajlati kilengést (pl. felmelegedést) pedig a CO₂ (és más üvegházgázok, pl. a metán) mennyiségének és a felszíni albedónak a közel egyidejű változása erősíti fel (*Hansen et al.*, 2013; *Past Interglacials Working Group of PAGES*, 2016). A plio-pleisztocén során tovább csökkenő globális hőmérséklettel párhuzamosan a légköri CO₂-koncentráció is rekord alacsony szintre süllyedt és ~170–280 ppm között ingadozott a glaciális-interglaciális időszakok során. A glaciálisokra jellemző igen alacsony CO₂-szint valószínűleg egy hatékonyabb óceáni biológiai pumpának az eredménye (*Galbraith és Skinner*, 2020).

A kainozoikumi lehülés jól láthatóan egy rendkívül lassú, több lépcsőben lejátszódó folyamat volt és világosan kimutatható, hogy a légköri CO₂ meghatározó módon befolyásolta a globális felszíni hőmérsékletet (log-CO₂ vs. GFH: r=0.97; *Judd et al.*, 2024). Az a tény, hogy a CO₂ a hosszú távú kainozoikus éghajlati trendek domináns oka, nyilvánvaló a Föld energiaháztartásának figyelembevételével. Az ilyen nagy éghajlati változások nem származhatnak az energiának az éghajlati rendszeren belüli újraelosztásából, ahogyan azt a légkör vagy az óceánok dinamikájának változásai okozhatnak. Ehelyett jelentős globális éghajlati kényszerre van szükség, ami a CO₂ esetén ~10 W/m² körül lehetett a kainozoikumra számolva (*Hansen és Sato*, 2012). Az elmúlt 66 millió évet jellemző légköri CO₂-csökkenés és globális lehülés magyarázata számos hipotézis született, többek között a globális erózió és szilikátmállás¹ mértékének növekedése vagy épp a vulkáni kigázosodás csökkenése a kainozoikum során (*Raymo és Ruddiman*, 1992; *Sternai et al.*, 2020). Valószínű azonban, hogy egyéb tényezők (pl. a szárazföldek-tengerek konfigurációja, eloszlása, az óceáni hőtranszport változása) hatását sem lehet

¹ A kémiai mállás alapvetően millió éves időskálán befolyásolja a légköri CO₂ koncentrációt a szilikátos kőzetek karbonáttá alakításával a CO₂ + CaSiO₃ → CaCO₃ + SiO₂ általános reakció szerint. Metamorf átalakulások és magmás folyamatok során a reakció ellenkező irányban zajlik le, melynek során CO₂ szabadul fel az ún. karbonát-szilikát ciklusban.



2. ábra. Légköri CO_2 koncentráció és az antarktiszi felszíni hőmérsékletváltozás az elmúlt 800 ezer évben az EPICA Dome C jégmagfúrás adatai alapján. A hőmérsékletváltozás rekonstrukciója a jég mért hidrogénizotóp összetétele alapján (Jouzel et al., 2007), míg a CO_2 -koncentrációk a jégbe zárt gázbuborékok elemzése alapján készült (Lüthi et al., 2008). Mindkét proxy adatsor az EDC3 korszakán van megjelenítve. A tengeri izotóp stádiumok (MIS) közül a párosak az eljegesedéseket (glaciálisokat), a páratlanok a felmelegedéseket (interglaciálisokat) jelölik. A T1-T7 a glaciálisból az interglaciálisba való átmeneteket jelölik (T=termination).

kizárni a folyamatban, de ezek mind igen kis mértékben járulhattak hozzá a lehüléshez. Igaz ez a Nap luminositásának növekedésére is (~0,4%), ami egyébként egy minimális globális felmelegedéshez vezetett volna a kainozoikum során (Hansen és Sato, 2012).

Tyúk vagy tojás: a CO_2 vagy a hőmérséklet vezet a geológiai rekordokban? És miért lényegtelen ez a jelenkori klímaváltozás szempontjából?

A recens globális felmelegedéssel kapcsolatos vitákban gyakran felmerülő kérdés, hogy vajon a geológiai múlt klímaarchívumaiban a légköri CO_2 vagy a felszíni hőmérséklet változik előbb, azaz melyik függ a másiktól? Ha az időzítés kérdésére választ akarunk kapni, akkor olyan archívumokat kell keressünk, amelyek kora nagy pontossággal meghatározható és amelyekből megfelelő globális/regionális hőmérsékleti és CO_2 -proxy-k² nyerhetők. Ennek a jégmagok felelnek meg leginkább, a mélytengeri üledékek kevésbé, kivéve az utolsó glaciális maximum és a holocén közötti felmelegedést, amely periódusra a tengeri üledékek radiokarbon kormeghatározása – a rezervoár³ problémák ellenére – viszonylag jó kronológiát biztosít.

Az antarktiszi jégtakarón mélyített korábbi jégfúrások (pl. Vostok, EPICA Dome C, stb.) elemzése első közelítésben egy nagyon erős összefüggést mutattak az Antarktisz felszíni hőmérséklete (AFH) és a légköri CO_2 -koncentrációk között (2. ábra). Közelebbről vizsgálva a két változót, a legtöbb T1 és T3-ra (glaciális terminációk, lásd 2. ábra) vonatkozó korai elemzés azt találta, hogy az AFH változása nagyjából 800–1000 évvel megelőzte a légköri CO_2 -szint megemelkedését (Monnin et al., 2001; Caillon et al., 2003). Fontos megjegyezni, hogy míg a jégmagokból történő hőmérsékletbecslés a jég hidrogén- és/vagy oxigénizotóp-összetételén alapul, addig a CO_2 - (és CH_4 -) mérések a jégbe zárt gázbuborékokon történtek. Mivel a gázbuborékok

² A proxy egy olyan mérhető fizikai tulajdonság vagy kémiai összetételbeli jellemző, amelyből – sok esetben egy átviteli függvényen keresztül – egy adott meteorológiai paraméter (hőmérséklet, csapadék stb.) számolható, meghatározott bizonytalanságok mellett.

³ Ha egy szénrezervoárnak alacsonyabb a radiokarbon (^{14}C) tartalma, mint a légkörnek, akkor ezt nevezzük rezervoár hatásnak. A tengeri rezervoár hatás a radiokarbon kormeghatározást befolyásoló jelenség. Mivel az óceánban élő szervezetek által elfogyasztott szén nagy része idősebb (kisebb a ^{14}C tartalma), mint a szárazföldi szervezetek által elfogyasztott széné, a tengeri élőlények mérszázai a vizsgálat során a valóságosnál idősebbnek tűnhetnek (jellemzően kb. 400 ^{14}C évvel). A hatás azonban térben és időben nagyon változó és az Északi-sarkvidéken elérheti a 800-1200 ^{14}C évet is.

bezáradása (és az atmoszférától való teljes elszeparálódása) csak 50–120 méterrel a jégfelszín alatt történik, így annak kora fiatalabb, mint a gázzárványt magában foglaló jégé (Loulergue *et al.*, 2007). A jég- és gázkorok közötti különbség (Δt) számszerű becsléséhez a firmesedés során lezajló fizikai folyamatokat (pl. sűrűsödés) leíró modelleket használnak, amiknek megvannak a saját bizonytalanságai. Az újabb metán-szinkronizációs kormodellek és pontosabb regionális, több jégmag izotópösszetételén alapuló hőmérséklet-becslések szerint a légköri CO_2 és AFH közel szinkronban változott az utolsó felmelegedés (T1) során, bizonyos periódusokban a CO_2 , másokban az AFH vezetett néhány száz évvel (Pedro *et al.*, 2012, Parrenin *et al.*, 2013; Beeman *et al.*, 2019).

A fent vázolt kormodellezési problémára újszerű választ adtak a legújabb, a gázbuborékok nemesgáz összetételén alapuló hőmérséklet-becslések. Ennél a módszernél az üvegházgáz- és nemesgázmérések ugyanazon gázzárványon történnek és bár kizárják a jég- és gázkorok közötti eltérés problémáját, ezek sem mentesek a bizonytalanságoktól, mert a nemesgáz adatokat a firm oszlopban bekövetkező gravitációs dúsulással és termikus frakcionációval kell korrigálni (Bereiter *et al.*, 2018). Az utolsó felmelegedésre (T1) a nemesgáz összetételből számolt átlagos óceáni hőmérsékletek (Mean Ocean Temperature, MOT) gyakorlatilag teljesen szinkronban változtak az AFH-val és a légköri CO_2 -szinttel (Bereiter *et al.*, 2018), több száz évvel megelőzve a globális átlagos felszíni hőmérsékletet (GFH). Ezt Shakun *et al.* (2012) globális hőmérséklet proxy adatai is megerősítik, ahol a déli félteke hőmérséklete vezet a CO_2 előtt, míg a globális és az északi félteke felszíni hőmérséklete követi a légköri CO_2 változását. Ez nem meglepő, mert az átlagos óceáni hőmérsékleteket a déli félteke hőmérséklete vezérli a dominánsan ott zajló óceáni ventiláció miatt, ami a T1 során az emelkedő CO_2 koncentrációk forrása is volt (Skinner *et al.*, 2010). Mára világos, hogy az egyes féltekék közötti hőmérsékletkülönbségek az Atlanti Meridionális Alámerülő Cirkuláció (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC) erősségének és a két félteke közötti hőszállításra gyakorolt hatásainak tulajdoníthatók. Ezek az óceáni hőtranszport folyamatok jól magyarázzák, hogy az antarktisi hőmérséklet miért vezetett a CO_2 -höz viszonyítva, miközben a globális hőmérséklet a CO_2 -vel időben azonos fázisban volt, vagy enyhén elmaradt attól (Shakun *et al.*, 2012).

A fentiek tanulsága, hogy egy rendkívül komplex rendszerrel van dolgunk a glaciálisok/interglaciálisok során, ahol valószínűleg nem a légköri CO_2 megemelke-

dése indította el a felmelegedést, hanem földpályaelem-kényszerek okozta besugárzásváltozások (Clark *et al.*, 2012). Ezt követően azonban a CO_2 és a globális hőmérséklet növekedése kéz a kézben haladt tovább. Az iniciális felmelegedés hatására megnövekedő CO_2 és változó albedó itt tehát pozitív visszacsatolásként értelmezhetők, amik egyéb üvegházgázokkal együtt felerősítik (amplifikálják) a felmelegedést, nem pedig éghajlati kényszerként (Hansen *et al.*, 2013). A jelenkori globális felmelegedés esetén azonban más a helyzet, itt a CO_2 éghajlati kényszerként jelentkezik (lásd alább). Ez a légköri CO_2 szerepét illető szignifikáns különbség a természetes és antropogén eredetű klímaváltozás esetén arra mutat rá, hogy a glaciális-interglaciális légköri CO_2 és globális hőmérsékletváltozások időbeli összefüggései sajnos nem (vagy csak részben) nyújtanak releváns információt a CO_2 jelenkori globális felmelegedésben játszott szerepét illetően.

Hőmérsékleti proxy adatsorok a múltból és az éghajlati érzékenység

A fenti elemzés szerint szignifikáns kapcsolat volt a légköri CO_2 és a GFH között a kainozoikum során, több időskálán is. A jelenkori globális felmelegedés kapcsán felmerül a kérdés, hogy a paleoklíma adatok alapján mekkora felmelegedésre számíthatunk (rövid- és hosszútávon egyaránt) egy adott mértékű légköri CO_2 -szint növekedés esetén, azaz mennyire érzékeny a Föld éghajlata egységnyi CO_2 -emelkedésre? Az éghajlati érzékenység (S) a globális felszíni hőmérséklet-változás (Δ_{GFH}) egy meghatározott egységnyi éghajlati kényszer (F) – például a $3,7\text{--}4 \text{ W/m}^2$ éghajlati kényszert okozó légköri CO_2 megduplázódásának ($F_{2\times\text{CO}_2}$) – hatására (Paleosens Project Members, 2012; Hansen *et al.*, 2013). Az éghajlati érzékenység a pozitív (a változást felerősítő) és negatív (a változást csökkentő) visszacsatolásoktól függ (Hansen *et al.*, 2011) és időskálától függően többféleképpen definiálható. Az átmeneti éghajlati válasz (Transient Climate Response, TCR) az a hőmérsékletemelkedés, ami a légköri CO_2 megduplázódásának pillanatában bekövetkezik (Sherwood *et al.*, 2020). Ez hasznos mérőszám arra nézve, hogy mire számíthatunk ebben az évszázadban a légköri CO_2 -koncentráció jelenlegi növekedési üteme mellett ($2\text{--}3 \text{ ppm/év}$). Az éghajlati rendszer a TCR-pont után még jó ideig melegebbé fog, főként azért, mert az óceánok nagyon lassan reagálnak⁴. Ezért fontos figyelembe vennünk azt a hőmérsékletemelkedést is, amely végül (több évtized vagy néhány száz év után) bekövetkezik, amikor az éghajlati rendszer teljesen alkalmazkodik

a CO₂ tartós megduplázódásához. Ezt nevezzük egyensúlyi éghajlati érzékenységek (Equilibrium Climate Sensitivity, ECS, másol Charney szenzitivitás), és úgy határozzuk meg, mint az az egyensúlyi globális felszíni hőmérsékletváltozás ($\Delta_{\text{GFH-eg}}$), ami egy meghatározott egységnyi kényszer hatására bekövetkezett, miután a bolygó energiaegyensúlya helyreállt (Hansen et al., 2011). Az ECS a sugárzási kényszer változásaira adott gyors visszacsatolásokat foglalja magában, beleértve a vízgőz, a felhőzet, a hőmérséklet vertikális szerkezetét érintő (ún. „lapse rate”), és a hó/jég albedó visszacsatolásokat (Paleosens Project Members, 2012). Definíció szerint az ECS nem tartalmazza az évezredekig tartó visszacsatolásokat, például a Föld albedójának hosszútávú változásait a jégtakaró és a növényzet változásai következtében, vagy a mélyóceánok lassú felmelegedését, amely szintén évezredekig tart. A Föld éghajlati rendszerének egy adott CO₂-kényszerre adott hosszútávú, ezeréves időskálá(ko)n megjelenő éghajlati válaszát Föld-rendszer érzékenységek (Earth System Sensitivity, ESS) nevezzük, amely magában foglalja a gyors és lassú visszacsatolásokat is (kivéve a szénciklust), és nagyjából duplája az ECS-nek (Lunt et al., 2010; Hansen et al., 2013).

A kainozoikumi proxy idősorok alapvetően az ESS becslését teszik lehetővé, amely a Föld-rendszer teljes egyensúlyi éghajlati válaszát tükrözi. Az erre vonatkozó legfrissebb számítások szerint az ESS nagyjából 5–9, jellemzően 7–8 °C/F_{2xCO₂} körül lehet (The CenCO₂PIP Consortium, 2023; Judd et al., 2024). Rendelkezésre állnak azonban az ECS-re vonatkozó becslések is a teljes kainozoikumra és a glaciális-interglaciálisokra (különösen az utolsó eljegesedésre és holocénre), amelyek jellemzően 2–5 °C/F_{2xCO₂} között szórnak (Paleosens Project Members, 2012; Knutti et al., 2017). Bár jelenleg is viták zajlanak a kérdéőről, hogy vajon az éghajlati érzékenység függ-e a klíma-állapottól, több tanulmány szerint a TCR/ECS értékei magasabb CO₂-szintekkel jellemezhető, melegebb éghajlati állapotoknál felfelé tolódnak (Anagnostu et al., 2020), az ECR esetén 5–8 °C/F_{2xCO₂} között lehetnek (Tierney et al., 2022) valószínűleg felhőképződési visszacsatolások miatt (Bjorndal et al., 2020).

Egyensúlytalanságok a jelenkori szénkörforgásban és a légköri többlet CO₂ forrása

A 2022-es évre vonatkozó becslések szerint az emberiség által generált közvetlen, fosszilis forrásokból származó szénkibocsátás elérte a 9,9±0,5 GtC/év

(36,4±1,8 Gt CO₂)⁵ értéket, amelyhez még földhasználat változásból és erdőgazdálkodásból származó 1,3±0,7 GtC (4,7±2,6 Gt CO₂) szénkibocsátás járul (Friedlingstein et al., 2023). Összehasonlításként, a földtörténet egyik kiemelten meleg periódusában, a korábban említett PETM során a szénkibocsátás üteme ennek a tizede lehetett (~1,1 GtC/év; Zeebe et al., 2016). Bár a jelenkori éves szénkibocsátás értéke eltörpül a legnagyobb szénrezervoárok méretéhez képest (óceánok: 37700 GtC, talajok: 1700 GtC, atmoszféra: 885 GtC, stb., bővebben lásd pl. Újvári és Topál, 2025), a gyors szénciklusban résztvevő rezervoárok közti éves szénforgalom szempontjából azonban rendkívül jelentős. Olyannyira, hogy a bioszféra (3,3±0,8 GtC, 31%) és az óceánok (2,9±0,4 GtC, 26%), mint természetes szénfelvevők, a kibocsátásoknak együttesen csak mintegy 57%-át tudták elnyelni (2013–2022-es évek átlaga), a fennmaradó mennyiség a légkörben maradt, az utóbbi években nagyjából évi 2–3 ppm-mel növelve a légköri CO₂ koncentrációt. A légköri frakció aránya az ENSO (El Niño Southern Oscillation) pozitív/negatív fázisaitól függően változik, El Niño esetén magasabb (Újvári és Topál, 2025).

A légköri CO₂ kapcsán a szkeptikusokban gyakran felmerülő kérdés, hogy az vajon fosszilis forrásból származik-e és tényleg antropogén eredetű? A kérdés első felére a válasz teljesen egyértelmű: a légköri CO₂ szénizotóp összetétele világosan bizonyítja a fosszilis tüzelőanyagok ¹³C-tartalma ugyanis jelentősen alacsonyabb, mint a légköri szén-dioxidé, ¹⁴C-tartalma pedig gyakorlatilag nulla (a ¹⁴C ~5730 év felezési idővel az idős fosszilis tüzelőanyagokban rég elbomlott). Ezért tehát a fosszilis tüzelőanyagok elégetése a ¹²CO₂-t gyorsabb ütemben növeli, mint a ¹³CO₂-t és a ¹⁴CO₂-t. Ezt a hígító hatást, ami a légköri szén-dioxid $\delta^{13}\text{C}$ és $\Delta^{14}\text{C}$ értékeit negatív irányban mozgatja, és ami a mérésekben világosan megfigyelhető, „Suess-hatásnak” nevezik (Keeling, 1979). Bár a fosszilis eredet egyértelmű, világos azonban, hogy fosszilis szén vulkáni

⁴ A globális felszíni hőmérséklet lassan reagál az éghajlati kényszerre, a választ az éghajlati rendszer termikus tehetetlensége lassítja. Az éghajlati rendszerben az óceán biztosítja a hőtárolási kapacitás nagy részét, mivel körülbelül 100 méteres mélységig a szél és a konvekció miatt gyorsan átkeveredik. Az óceáni kevert réteg termális tehetetlensége önmagában körülbelül egy évtizedes felszíni hőmérsékleti válaszdőt eredményezne, de a kevert réteg és a mélyebb óceán közötti vízcsera a felszíni hőmérsékleti válaszdőt az átkeveredés sebességétől és az éghajlat érzékenységétől függő mértékben megnöveli (Hansen et al., 2011).

⁵ A GtC mértékegység jelentése gigatonna (10⁹ tonna) szén. 1 GtC = 3,67 Gt CO₂, amit CO₂ ekvivalens értéknek nevezünk.

kigázosodásból is származhat, nem pusztán fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből. A legutóbbi becslések szerint a globális vulkanikus eredetű CO₂-kibocsátás nagyjából 0,3–0,6 Gt CO₂/év érték körül lehet (Gerlach, 2011; Burton et al., 2013), aminek durván 60-szorosra a jelenkori antropogén eredetű kibocsátás. Sokan azonban nem fogadják el ezeket a becsléseket, különösen a tenger alatti vulkanizmusból származó CO₂-kibocsátások potenciális alulbecslései miatt. Nyilvánvaló, hogy a vulkanikus eredetű CO₂- (és vízgőz) emisszió pontosításához további kutatások szükségesek, ez nem is vitás. Ugyanakkor érdemes végiggondolni, hogy ahhoz, hogy évente több mint 36 gigatonnányi vulkáni CO₂ keletkezzen (azt feltételezve, hogy az antropogén kibocsátás valójában vulkáni eredetű), a világon évente 850 köbkilométert meghaladó mennyiségű magma kellene termelődjön, ami az óceánközépi hátságok éves magmakibocsátásának több mint 40-szerese úgy, hogy ez a vulkáni tevékenység észrevétlenül kellene maradjon a szárazföldön vagy a tenger alatt (Gerlach, 2011). Ezen felül, növekvő ütemű légköri CO₂ koncentráció növekedés nehezen (vagy egyáltalán nem) képzelhető el vulkáni kibocsátásból, amely természeténél fogva sztochasztikus. Messze a legvalószínűbb forgatókönyv tehát, hogy a légköri CO₂-koncentráció-növekedés antropogén eredetű.

Egyensúlytalanságok a Föld jelenkori energiamérlegében az elmúlt 150 ezer év glaciális/interglaciális klímaváltozásainak tükrében

A Föld energiamérlegében mutatkozó egyensúlytalanság (Earth Energy Imbalance, EEI) a bolygó nettó energianyeresége (vagy -vesztése), azaz az elnyelt napenergia és a kibocsátott hősugárzás különbsége a légkör felső részén (top of the atmosphere, TOA). Az EEI olyan alapvető diagnosztikai adat, amely a globális éghajlat változásának irányáról és mértékéről tájékoztat bennünket. Amíg több energia érkezik be a Föld-rendszerbe, mint amennyi távozik, azaz amíg az EEI pozitív, addig a Föld globális hőmérséklete nő és fordítva. Az EEI⁶ a sugárzási kényszer és az erre a kényszerre adott felszíni hőmérséklet válasz függvénye. Tehát az EEI az éghajlati kényszer azon részét tükrözi, amelyre a bolygó felszíni hőmérséklete még nem reagált (Hansen et al., 2011), ugyanis a Föld-rendszer számos komponense csak hosszú időskálán kerül ismét egyensúlyba. Az EEI becslült értéke +0,76±0,2 W/m² (Schuckmann et al., 2023) a 2006–2020 közötti periódusra (mások szerint +0,58±0,15 W/m² 2005–2010-re,

Hansen et al., 2011), ami világosan jelzi, hogy manapság a Föld éghajlati rendszere nincs energiaegyensúlyban. Bár az EEI szempontjából a Nap jelenkori besugárzás változásai nem elhanyagolhatók (0,25 W/m² változékonyság), éghajlati kényszerként az antropogén forrásból származó légköri üvegházgázok játsszák a meghatározó szerepet (Murphy et al., 2009; Hansen et al., 2011). A pozitív EEI következtében felgyülemelő hő nagy részét (89%-át) az óceánok, 5%-át a szárazföldek, 4%-át a jéggel borított területek nyelik el és ennek csak ~2%-a melegíti a légkört (Schuckmann et al., 2023).

Ha visszatekintünk a geológiai közelmúltba, az utolsó glaciális-interglaciális ciklus klímaingadozásai nyújtanak támpontot az EEI múltbeli változásainak mértékére, ugyanis a felmelegedéseket a jégtakarók olvadásának látens hőjével és az óceáni hőfelvétellel összefüggő energiaváltozások dominálták (Shackleton et al., 2023). Míg a korábban már említett jégmag-gázzárvány-nemesgázmérésekből rekonstruálható MOT az óceánok egykori hőtartalmának becslésére ad lehetőséget (Baggenstos et al., 2019), addig a bentikus foraminiferák kalcit vázának δ¹⁸O adatai – mivel ezeket a mélyóceánok hőmérséklete és a jégtakarók mérete kombináltan befolyásolja (Shackleton, 2000) – az óceánok felmelegedésével/lehűlésével (óceáni hőtartalom) és a jégtakaró felépülésével/olvadásával (látens hőtartalom) kapcsolatos nettó energiaváltozásokat, azaz az EEI-t tükrözik (Shackleton et al., 2023). Az utolsó felmelegedés során (T1 termináció), körülbelül 10000 éven át jellemzően +0,2 W/m² EEI rekonstruálható, két átmeneti ~+0,4 W/m² körüli maximummal, amelyek az AMOC intenzitásának (és az óceáni hőfelvétel) jelentős csökkenése idejére tehető, ami kihatott a globális sugárzási egyensúlyra is (Baggenstos et al., 2019). Az utolsó előtti felmelegedés (T2 termináció) során becslések szerint jellemzően +0,2–0,4 W/m² EEI értékek voltak jellemzőek, az utolsó eljegesedés során ezeréves időskálájú, kisebb (<0,15 W/m²) kilengésekkel (Shackleton et al., 2023). Világos tehát, hogy a geológiai közelmúltban a bolygó energiamérlegében mutatkozó egyensúlytalanságok, amelyek egy-egy eljegesedési periódusból egy másik, szignifikáns globális felmelegedéshez (T2 és T1 termináció) vezettek, jelentősen elmaradtak a jelenkori EEI értékétől.

⁶ EEI = F – λΔT, ahol F az éghajlati (sugárzási) kényszer, ΔT a kimenő hősugárzás változása, amelyet a bolygó felszíni hőmérsékletének ΔT változása okoz. λ egy linearizációs paraméter, amely a legpontosabban adja meg az energiamérleg időskála-függő egyensúlytalanságát és 1/λ kellően hosszú kiegyenlítődési idő után megközelíti a Föld-rendszer érzékenységét (ESS) (Murphy et al., 2009).

Miért lehet kulcsszerepe a légköri széndioxidnak a jelenkori klímaváltozásban?

A vízgőz a legfontosabb üvegházhatású gáz, amely a bolygónk légkörének jelenléte miatti üvegházhatás (ami miatt a felszíni hőmérséklet 33 °C-kal magasabb, mintha nem lenne légkör) mintegy feléért/kétharmadáért felelős. Ennek ismeretében adódik a kérdés, hogy miért aggódunk elsősorban a CO₂ (és más üvegházgázok) felhalmozódása miatt, amely(ek) közvetlen hozzájárulása a globális felmelegedéshez a vízgőznel csekélyebb? A vízgőz egy lényeges dologban különbözik a többi üvegházhatású gáztól (CO₂, CH₄, N₂O): képes a fázisátalakulásra és csapadék (eső, hó) formájában történő kihullásra, míg az üvegházhatású gázok a légkörben mindig gáz halmazállapotban vannak. Ez a folyamat olyan gyors, hogy egy vízmolekula átlagosan csak körülbelül 4–10 napig tartózkodik a légkörben (Läderach és Sodemann, 2016; Gimeno et al., 2021), azaz az általunk a légkörbe juttatott többletvíz egyszerűen nem marad elég sokáig a légkörben ahhoz, hogy megváltoztassa az éghajlatot. Még akkor sem, ha a levegő minden 1 °C melegedésével a légkör vízmegtartó képessége ~7%-kal nő, ami pozitív visszacsatolást okoz a felmelegedés során. A CO₂ azonban egy hosszú tartózkodási idejű üvegházgáz, amelynek a hatása még évtizedek/évszázadok múltán is terhelni fogja az éghajlati rendszert (Archer és Brovkin, 2008), amikor az antropogén eredetű kibocsátás már jelentősen lecsökkent, de a globális hőmérséklet – a pozitív visszacsatolások miatt – még nem stabilizálódott. Mint a fentiekből kiderült, a légköri CO₂ domináns hatást gyakorolt az elmúlt 66 millió év klímájára, több más tényező (földpályaelem kényszerek, orogenezis, szárazföldek-óceánok elhelyezkedése, stb.) mellett. A kainozoikum különböző időléptékű klímaváltozásaiban a CO₂ (és részben a metán) más és más szerepet játszhatott, egyfelől éghajlati kényszerként jelentkezve (pl. PETM hipertermális esemény) közvetlenül előidézhette, másfelől pozitív visszacsatolásként felerősíthette (amplifikálhatta) a földpályaelem-kényszerek miatt megindult (glaciális-interglaciális időléptékű) globális felmelegedést. Ezzel párhuzamosan pedig a légköri CO₂ a lassú szencikluson (pl. kémiai mállás) keresztül hosszabb távon regulálta a globális felszíni hőmérséklet alakulását a kainozoikumban, ami végül egy geológiai értelemben véve hideg klímaállapothoz vezetett a holocénre. Éppen a holocén (jelenkor) az, amelynek során az emberi mezőgazdasági tevékenység egyes elméletek szerint már 7000–5500 évvel ezelőtől jelentősebb hatást gyakorolhatott a globális éghajlatra

(Ruddiman et al., 2020). Bár az éghajlat az elmúlt kb. 10000 évben viszonylag stabilnak bizonyult (GFH változások: <0,8 °C, Marsicek et al., 2018), abban természetes ingadozások is voltak, akár inszolációs változások miatt (Lorenz et al., 2006), vagy éppen a megnövekedett vulkáni és lecsökkent szoláris aktivitás kombinációjának köszönhetően (pl. kis jégkorszak, Owens et al., 2017). Mára azonban a modern felmelegedés mértéke és nagysága túlmutat az elmúlt évezredek hőmérsékletváltozásain (Osman et al., 2021). A jelenleg egyre inkább gyorsulónak mutakozó felmelegedésnek földpályaelem-kényszerek (és más hosszabb időskálán ható tényezők) biztosan nem lehetnek az okai és a Nap aktivitásának változásai is csak kis mértékben járulhatnak hozzá a folyamathoz (Hansen et al., 2011), még ha erről folyamatos viták is zajlanak (pl. Scafetta, 2023). Jelen tudásunk szerint a legvalószínűbb forgatókönyv, hogy a globális felmelegedés okozója a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó, a természetes nyelők által fel nem vett, légkörben maradó CO₂ és az ebből fakadó többlet üvegházhatás⁷ miatti egyensúlytalanság a Föld energiamérlegében. Világos, hogy az emberiség mára drasztikusan és geológiai értelemben is precedens nélküli módon befolyásolta a szénkörforgalmat. Az ennek nyomán jelentősen megnövekedett légköri CO₂-koncentráció tehát egy szignifikáns, antropogén eredetű éghajlati kényszerként jelent meg, ami erőteljesen hajtja a jelenkori globális felmelegedést (Murphy et al., 2009; Hansen et al., 2011). Ennek nyomán további – részben szintén antropogén hatásra kialakuló (pl. csökkenő aeroszolkibocsátás; Goessling et al., 2024) – pozitív visszacsatolások (többlet vízgőz, felhőzetcsökkenés, jégtakaró visszahúzódás, alacsonyabb planetáris albedó) csak felerősítik a folyamatot. Az emberiség alapvetően elsősorban a szén-ciklusba képes hathatósan beleavatkozni, a hidrológiai ciklusba nem, ezért is a CO₂ a kulcs a jelenkori globális felmelegedés szempontjából. A természet lehetőséget adott számunkra, hogy létrejöjjön az emberi civilizáció, amelynek előfeltétele volt egy kellően hosszú ideig stabil éghajlati rendszer, amelyet az alacsony CO₂-szintek, a kiterjedt jégtakarók, stabil óceáni áramlási rendszerek és bioszféra jellemeztek. A rendszert felborítottuk, de a probléma megoldásához időt nyertünk

⁷ Az üvegházgázok, mint a CO₂ vagy a metán, növekedése a légkört átlátszatlannabbá teszi az infravörös hullámhosszon. Ez a fokozott „átlátszatlanság” (opacitás) azt eredményezi, hogy a bolygó hősugárzása a világűrbe a légkör magasabb, hidegebb szintjeiről történik, így csökkentve annak hőenergia kibocsátását. A Naptól elnyelt energia és a világűrbe történő hőkibocsátás közötti átmeneti egyensúlyhiány miatt a bolygó felmelegszik, amíg a bolygó energiaegyensúlya helyre nem áll.

a geológiai múlt globális folyamataiból származó, az iparosodás kezdetén még mindig viszonylag alacsony légköri CO₂-koncentrációk, kiterjedt jégtakarók és hideg mélyóceánok révén, így az éghajlatváltozást egyelőre még tompítva érzékeljük. Az idő azonban elfogyott a további tétlenkedésre, ami sajnos egyelőre alig tükröződik a politikai döntéshozatalban (lásd a komolyabb eredmények nélkül zárult ENSZ COP konferenciákat).

Köszönetnyilvánítás

Ú.G. köszönetét fejezi ki az NKFIH-nak a PETM-el kapcsolatos kutatásainak támogatásáért (K-137767 számú OTKA projekt), valamint a kézirat bírálójának az értékes megjegyzéseiért.

Irodalomjegyzék

- Anagnostou, E., John, E. H., Babila, T. L. et al., 2020: Proxy evidence for state-dependence of climate sensitivity in the Eocene greenhouse. *Nat. Commun.* 11, 4436. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17887-x>
- Archer, D., Brovkin, V., 2008: The millennial atmospheric lifetime of anthropogenic CO₂. *Clim. Change* 90, 283–297. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9413-1>
- Baggenstos, D., Häberli, M., Schmitt, J., Shackleton, S. A., et al., 2019: Earth's radiative imbalance from the Last Glacial Maximum to the present. *PNAS* 116, 14881–14886. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905447116>
- Beeman, C. J., Gest, L., Parrenin, F., Raynaud, D., Fudge, T. J., Buizert, C., Brook, E. J., 2019: Antarctic temperature and CO₂: near-synchrony yet variable phasing during the last deglaciation. *Clim. Past* 15, 913–926. <https://doi.org/10.5194/cp-15-913-2019>
- Bereiter, B., Shackleton, S., Baggenstos, D., Kawamura, K., Severinghaus, J., 2018: Mean global ocean temperatures during the last glacial transition. *Nature* 553, 39–44. <https://doi.org/10.1038/nature25152>
- Bjorndal, J., Storelvmo, T., Alterskjær, K. et al., 2020: Equilibrium climate sensitivity above 5°C plausible due to state-dependent cloud feedback. *Nat. Geosci.* 13, 718–721. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-00649-1>
- Burton, M. R., Sawyer, G. M., Granieri, D., 2013: Deep carbon emissions from volcanoes. *Rev. Mineral. Geochem.* 75, 323–354. <https://doi.org/10.2138/rmg.2013.75.11>
- Caillon, N., Severinghaus, J. P., Jouzel, J., Barnola, J.-M., Kang, J., Lipenkov, V. Y., 2003: Timing of atmospheric CO₂ and Antarctic temperature changes across Termination III. *Science* 299, 1728–1731. <https://doi.org/10.1126/science.1078758>
- Chalk, T. B. et al., 2017: Causes of ice age intensification across the mid-Pleistocene transition. *PNAS* 114, 13114–13119. <https://doi.org/10.1073/pnas.1702143111>
- Clark, P. U. et al., 2012: Global climate evolution during the last deglaciation. *PNAS* 109, E1134–E1142. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116619109>
- DeConto R. M., Galeotti, S., Pagani, M., Tracy, D., Schaefer, K., Zhang, T., Pollard, D., Beerling, D. J., 2012: Past extreme warming events linked to massive carbon release from thawing permafrost. *Nature* 484, 87–91. <https://doi.org/10.1038/nature10929>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W. et al., 2023: Global carbon budget 2023. *Earth Syst. Sci. Data* 15, 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- Galbraith, E. D., Skinner, L. C., 2020: The Biological Pump During the Last Glacial Maximum. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 12, 559–586. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010906>
- Gerlach, T., 2011: Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide. *EOS* 92, 201–202. <https://doi.org/10.1029/2011EO240001>
- Jimeno, L., Eiras-Barca, J., Durán-Quesada, A. M., Domínguez, F. et al., 2021: The residence time of water vapour in the atmosphere. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2, 558–569. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00181-9>
- Goessling, H. F., Rackow, T., Jung, T., 2024: Recent global temperature surge intensified by record-low planetary albedo. *Science*, eadq7280. <https://doi.org/10.1126/science.adq7280>
- Greenwood, D. R., Wing, S. L., 1995: Eocene continental climates and latitudinal temperature gradients. *Geology*, 23, 1044–1048. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<1044:ECCALT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<1044:ECCALT>2.3.CO;2)
- Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., von Schuckmann, K., 2011: Earth's energy imbalance and implications. *Atmos. Chem. Phys.* 11, 13421–13449. <https://doi.org/10.5194/acp-11-13421-2011>
- Hansen, J. E., Sato, M., 2012: Paleoclimate Implications for Human-Made Climate Change, In Climate Change [Berger, A., Mesinger, F. and Sijacki, D., Eds.], Springer, Vienna, 21–47. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0973-1_2
- Hansen, J., Sato, M., Russell, G., and Kharecha, P., 2013: Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide. *Philos. Trans. R. Soc. A* 371, 20120294. <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0294>
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers, In Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Lee H., Romero J. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 1–34. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Jouzel, J., Masson-Delmotte, V., Cattani, O., Dreyfus, G., Falourd, S., Hoffmann, G., Minster, B., Nouet, J., Barnola, J. M., Chappellaz, J., Fischer, H., Gallet, J. C., Johnsen, S., Leuenberger, M., Loulergue, L., Luethi, D., Oerter, H., Parrenin, F., Raisbeck, G., Raynaud, D., Schilt, A., Schwander, J., Selmo, E., Souchez, R., Spahni, R., Stauffer, B., Steffensen, J. P., Stenni, B., Stocker, T. F., Tison, J. L., Werner, M., Wolff, E. W., 2007: Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 years. *Science* 317, 793–796. <https://doi.org/10.1126/science.1141038>
- Judd, E. J., Tierney, J. E., Lunt, D. J., Montañez, I. P., Huber, B. T., Wing, S. L., and Valdes, P. J., 2024: A 485-million-year history of Earth's surface temperature. *Science* 385, eadk3705. <https://doi.org/10.1126/science.adk3705>
- Keeling, C. D., 1979: The Suess effect: ¹³Carbon-¹⁴Carbon interrelations. *Environ. Int.* 2, 229–300. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(79\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0160-4120(79)90005-9)
- Kern, Z., Leuenberger, M., 2013: Comment on “The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature” Humlum et al. [Glob. Planet. Change 100: 51–69.]: Isotopes ignored. *Glob. Planet. Change* 109, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.07.002>
- Knutti, R., Rugenstein, M., Hegerl, G., 2017: Beyond equilibrium climate sensitivity. *Nat. Geosci.* 10, 727–736. <https://doi.org/10.1038/ngeo3017>
- Läderach, A., Sodemann, H., 2016: A revised picture of the atmospheric moisture residence time. *Geophys. Res. Lett.* 43, 924–933. <https://doi.org/10.1002/2015GL067449>
- Liebrand, D., de Bakker, A. T. M., Beddow, H. M., Wilson, P. A., Bohaty, S. M., Ruessink, G., et al., 2017: Evolution of the early Antarctic ice ages. *PNAS* 114, 3867–3872. <https://doi.org/10.1073/pnas.1615440114>

- Lorenz, S. J., Kim, J.-H., Rimbu, N., Schneider, R. R., Lohmann, G., 2006: Orbitally driven insolation forcing on Holocene climate trends: Evidence from alkenone data and climate modeling. *Paleoceanography* 21, PA1002. <https://doi.org/10.1029/2005PA001152>
- Loulergue, L., Parrenin, F., Blunier, T., Barnola, J.-M., Spahni, R., Schilt, A., Raisbeck, G., Chappellaz, J., 2007: New constraints on the gas age-ice age difference along the EPICA ice cores, 0–50 kyr. *Clim. Past* 3, 527–540. <https://doi.org/10.5194/cp-3-527-2007>
- Lunt, D. J., Haywood, A. M., Schmidt, G. A., Salzmann, U., 2010: Earth system sensitivity inferred from Pliocene modeling and data. *Nat. Geosci.* 3, 60–64. <https://doi.org/10.1038/ngeo706>
- Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker, T. F., 2008: High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. *Nature* 453, 379–382. <https://doi.org/10.1038/nature06949>
- Marsicek, J., Shuman, B., Bartlein, P. et al., 2018: Reconciling divergent trends and millennial variations in Holocene temperatures. *Nature* 554, 92–96. <https://doi.org/10.1038/nature25464>
- McInerney, F. A., Wing, S. L., 2011: The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: a perturbation of carbon cycle, climate, and biosphere with implications for the future. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 39, 489–516. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040610-133431>
- Monnin, E., Indermühle, A., Dällenbach, A., Flückiger, J., Stauffer, B., Stocker, T. F., Raynaud, D., Barnola, J.-M., 2001: Atmospheric CO₂ concentrations over the last glacial termination. *Science* 291, 112–114. <https://doi.org/10.1126/science.291.5501.112>
- Murphy, D. M., Solomon, S., Portmann, R. W., Rosenlof, K. H., Forster, P. M., Wong, T., 2009: An observationally based energy balance for the Earth since 1950. *J. Geophys. Res.* 114, D17107. <https://doi.org/10.1029/2009JD012105>
- Osman, M.B., Tierney, J.E., Zhu, J. et al., 2021: Globally resolved surface temperatures since the Last Glacial Maximum. *Nature* 599, 239–244. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03984-4>
- Owens, M. J., Lockwood, M., Hawkins, E., Usoskin, I., Jones, G. S., Barnard, L., Schurer, A., Fasullo, J., 2017: The Maunder minimum and the Little Ice Age: an update from recent reconstructions and climate simulations. *J. Space Weather Space Clim.* 7, A33. <https://doi.org/10.1051/swsc/2017034>
- Parrenin, F., Masson-Delmotte, V., Köhler, P., Raynaud, D., Paillard, D., Schwander, J., Barbante, C., Landais, A., Wegner, A., Jouzel, J., 2013: Synchronous change of atmospheric CO₂ and Antarctic temperature during the last deglacial warming. *Science* 339, 1060–1063. <https://doi.org/10.1126/science.1226368>
- PALAEOSSENS Project Members, 2012: Making sense of paleoclimate sensitivity. *Nature* 491, 683–691. <https://doi.org/10.1038/nature11574>
- Past Interglacials Working Group of PAGES, 2016: Interglacials of the last 800,000 years. *Rev. Geophys.* 54, 162–219. <https://doi.org/10.1002/2015RG000482>
- Pedro, J. B., Rasmussen, S. O., van Ommen, T. D., 2012: Tightened constraints on the time-lag between Antarctic temperature and CO₂ during the last deglaciation. *Clim. Past* 8, 1213–1221. <https://doi.org/10.5194/cp-8-1213-2012>
- Raymo, M. E., Ruddiman, W. F., 1992: Tectonic forcing of late Cenozoic climate. *Nature* 359, 117–122. <https://doi.org/10.1038/359117a0>
- Ruddiman, W. F., He, F., Vavrus, S. J., Kutzbach, J. E., 2020: The early anthropogenic hypothesis: A review. *Quat. Sci. Rev.* 240, 106386. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106386>
- Scafetta, N., 2023: Empirical assessment of the role of the Sun in climate change using balanced multi-proxy solar records. *Geosci. Front.* 14, 101650. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101650>
- Shackleton, N. J., 2000: The 100,000 year Ice-Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide and orbital eccentricity. *Science* 289, 1897–1902. DOI: 10.1126/science.289.5486.1897
- Shackleton, S., Seltzer, A., Baggenstos, D. et al., 2023: Benthic δ¹⁸O records Earth's energy imbalance. *Nat. Geosci.* 16, 797–802. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01250-y>
- Shakun, J. D., Clark, P. U., He, F., Marcott, S. A., Mix, A. C., Liu, Z., Otto-Bliesner, B., Schmittner, A., Bard, E., 2012: Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. *Nature* 484, 49–54. <https://doi.org/10.1038/nature10915>
- Sherwood, S. C., Webb, M. J., Annan, J. D., Armour, K. C., Forster, P. M., Hargreaves, J. C., et al., 2020: An assessment of Earth's climate sensitivity using multiple lines of evidence. *Rev. Geophys.* 58, e2019RG000678. <https://doi.org/10.1029/2019RG000678>
- Skinner, L. C., Fallon, S., Waelbroeck, C., Michel, e., Barker, S., 2010: Ventilation of the Deep Southern Ocean and Deglacial CO₂ Rise. *Science* 328, 1147–1151. <https://doi.org/10.1126/science.1183627>
- Siernai, P., Caricchi, L., Pasquero, C., Garzanti, E., van Hinsbergen, D. J. J., and Castellort, S., 2020: Magmatic Forcing of Cenozoic Climate?. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 125, e2018JB016460. <https://doi.org/10.1029/2018JB016460>
- Szarka, L. Cs., 2024: A jelenkori felmelegedés lehetséges hatótényezőiről. *Magyar Tudomány* 185, 244–259. https://mersz.hu/dokumentum/matud202402_12/#matud202402_f98740
- The CenCO2PIP Consortium, 2023: Towards a Cenozoic history of atmospheric CO₂. *Science* 382, eadi5177. <https://doi.org/10.1126/science.adi5177>
- Tierney, J., Zhu, J., Li, M., Ridgwell, A., Hakim, G., Poulsen, C., Whiteford, R., Rae, J., Kump, L., 2022: Spatial patterns of climate change across the Paleocene–Eocene Thermal Maximum. *PNAS* 119, e2205326119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2205326119>
- Turner, S. K., 2018: Constraints on the onset duration of the Paleocene–Eocene Thermal Maximum. *Phil. Trans. R. Soc. A* 376, 20170082. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2017.0082>
- Újvári, G., Topál, D., 2025: Légköri szén-dioxid és a globális szén ciklus: jelen és jövő a múlt tükrében. *Magyar Tudomány*, 186, 982–993. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.5.23>
- von Schuckmann, K., Mimière, A., Gues, F. et al., 2023: Heat stored in the Earth system 1960–2020: where does the energy go? *Earth Syst. Sci. Data* 15, 1675–1709. <https://doi.org/10.5194/essd-15-1675-2023>
- Westerhold, T., Marwan, N., Drury, A. J., Liebrand, D., Agnini, C., Anagnostou, E., et al., 2020: An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years. *Science* 369, 1383–1387. <https://doi.org/10.1126/science.aba6853>
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., and Billups, K., 2001: Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686–693. DOI: 10.1126/science.1059412
- Zachos, J. C., Dickens, G. R., Zeebe, R. E., 2008: An Early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451, 279–283. <https://doi.org/10.1038/nature06588>
- Zeebe, R. E., Lourens, L. J., 2019: Solar System chaos and the Paleocene–Eocene boundary age constrained by geology and astronomy. *Science* 365, 926–929. <https://doi.org/10.1126/science.aax0612>
- Zeebe, R. E., Ridgwell, A., Zachos J. C., 2016: Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nat. Geosci.* 9, 325–329. <https://doi.org/10.1038/ngeo2681>



A Kárpát-medence térségének jellegzetes helyi szelei

Kurcsics Máté, Horváth Ákos, Geresdi István

HungaroMet Nonprofit Zrt., Siófoki Viharjelző Observatórium, kurcsics.m@met.hu

DOI: 10.56474/legkor.2025.2.2

A Kárpát-medence térségében számos helyi széllel találkozhatunk, amelyek különböző neveken váltak ismertté. Az adriai partvidéken fújó bóra vagy az Alpok fön szele jól ismert, míg az olyan szelek, mint a nemere vagy a kossava kevésbé vannak benne a köztudatban. Ezen szelek közös tulajdonsága, hogy egy nagytérségű időjárási helyzet és a domborzat kölcsönhatásaként jönnek létre. Meghatározott irányból fújnak és gyakran elérik a viharos fokozatot. A helyi szelek gyakran a hőmérsékleti, légnedvességi mezőben és a felhőzet szerkezetében is megnyilvánulnak. Jelen tanulmányban áttekintjük, milyen módon képes a domborzat helyi szélviharokat kialakítani, majd a Kárpát-medencét körbejárva külön-külön bemutatjuk ezeket a sajátos légmozgásokat.

Typical local winds in the Carpathian Basin region

There are many local winds in the area of the Carpathian Basin, which have different names. The Bora wind blowing at the Adriatic coast or the Foehn wind in the Alps are local winds, while winds such as Nemere or Kosava are less known. The common feature of these winds is that they are formed as a result of the interaction of a large-scale weather situation and the orography. They blow from a specific direction and often reach the gale force strength. Local winds influence often temperature, humidity and cloud structure, too. This study gives a review of orography-induced local windstorms and presents the features of them in the region.

Domborzat hatására kialakuló helyi szelek

A Kárpát-medence egyes szeleinek bemutatása előtt röviden áttekintjük, hogy a domborzat miért és hogyan befolyásolhatja a szélviszonyok alakulását. A domborzathoz kötődő helyi szeleket élesen el kell különítenünk az alapján, hogy kialakulásuk hátterében nagytérségű időjárási folyamatok állnak-e vagy sem. Amennyiben nem, akkor **hegy-völgyi szélről** vagy **lejtőszélről** beszélünk. Ezek napi szabályossággal váltakozó irányú szelek és

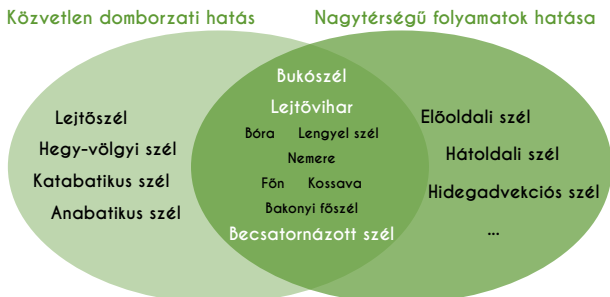
a hegyoldal eltérő sugárzási adottságai miatt alakulnak ki. Napnyugtát követően a levegő lefelé áramlik a lejtőn. A hidegebb, ezáltal sűrűbb levegő gravitáció hatására történő leáramlását a hegyoldalon **katabatikus szélnek** nevezzük. A hegy-völgyi szél lefelé irányuló komponense tehát szintén katabatikus-szél. A lejtőn felfelé áramló szél az **anabatikus szél**. Értelemszerűen a katabatikus szelek lehetnek erősebbek, azonban ezek ereje is korlátozott.

Az eddig említett domborzati hatások csupán mérsékelt erősségű szeleket okozhatnak. Szélviharok kialakulásához már a nagytérségű folyamatok hozzá-

járulására is szükség van. Ciklonok vagy azok frontjai, illetve anticiklonok pereme lehet alkalmas bukószelek, lejtőviharok vagy becsatornázott szelek kialakítására. A nagytérségű folyamatok és a domborzat kölcsönhatásaként két jellegzetes szélerősítő hatást kell kiemelnünk, amelyek gyakran nem függetlenek egymástól:

- a hegyek közötti völgyekben, csatornában felgyorsuló áramlás (amelynek eredményeként keletkezik a **becsatornázott szél**)
- a hegyen átbukva megerősödő szél (innen ered a **bukószél** kifejezés)

A hegyek közötti csatornában felerősödő szelekre (gap wind) a magyar szakirodalomban nincs megfelelő kifejezés, a tanulmányban a **becsatornázott szél** kifejezést használjuk. Kialakulási mechanizmusa könnyen megérthető: ha az áramlás számára rendelkezésre álló keresztmetszet beszűkül, akkor ott a szél szükségszerűen felgyorsul. Akkor tud igazán erős lenni ez a hatás, ha a levegő domborzat feletti átáramlása is akadályozva van, amit egy stabil légréteg biztosíthat (1. ábra).



1. ábra. Helyi domborzat és nagytérségű folyamatok hatására kialakuló szelek. A kettő közös halmazában találhatóak a bukószelek és a becsatornázott szelek, amelyekkel jelen tanulmány foglalkozik. A hegy-völgyi szél és a lejtőszél kialakulása mögött nem áll nagytérségű folyamat.

A **bukószélet** a magyar nyelvű meteorológiai szakirodalomban egy gyűjtőfogalomnak tekinthetjük a hegységek széliránnyal ellentétes oldalán bekövetkező szélerősítésre. Kialakulása minden helyen egy nagytérségű időjárási helyzethez kötött. Amikor a szél egy nagyobb kiterjedésű légörvény hatására merőlegesen fúj egy domborzati akadályra, akkor annak széliránnyal ellentétes oldalán jelentősen megerősödhet. Ehhez szükség van arra is, hogy legyen a hegy felett egy stabil réteg, amiben a hőmérséklet a magassággal felfelé haladva csak lassan vagy egyáltalán nem csökken. Ez ugyanis gátat szab a domborzat keltette feláramlásnak, így a levegő az egyre keskenyedő csatornába szorulva felgyorsul, a folyamat pedig a leáramlási oldalon is folytatódik. Ennek **hátterében nagy amplitúdójú hegyi hullámok állnak**. Fontos különbség a hegy-völgyi

szélhez képest, hogy a bukószél iránya állandó, mindig a hegyoldalon lefelé fúj. Napi menete ugyan van, de közel sem olyan meghatározó, mint a hegy-völgyi szélnél. Jellegzetes felhőstruktúrák és a leáramlási oldalon a levegő kiszáradása társulhat hozzá. Felmelegedéssel is jár, amennyiben azt nem kompenzálja hideg levegő érkezése. A bukószelek viharos, szélsőséges megnyilvánulását **lejtőviharnak** nevezzük. Megjegyezzük, hogy a nemzetközi szakirodalomban a bukószél (fall wind) kifejezés már alig használatos, helyette lejtőszélnek (downslope wind) nevezik ezt a szelet is, ebből következik a lejtővihar (downslope windstorm) elnevezés is.

A bukószelek és a becsatornázott szelek nem egymástól függetlenül jelennek meg. Általában mindkét hatás jelen van, csak hol az egyik, hol a másik hatás az erősebb a stabil réteg magasságától és erősségétől függően.

A Kárpát-medence térségében előforduló helyi szelek többségéről elmondható, hogy kialakulásában meghatározó tényező a domborzat. Így a legtöbb ilyen szelet a medencét körülölelő hegyekhez kapcsolódóan találjuk (2. ábra). Bár a bukószélet a magasabb hegységekhez szokás kötni, és ott valóban erőteljesebb formában jelentkeznek, a tanulmányban bemutatjuk, hogy a belső területek alacsonyabb domborzata is kialakíthatja őket.



2. ábra. Bukószelek és becsatornázott szelek a Kárpát-medencében. A piros színek a többnyire meleg, a kék színek az általában hideg szeleket jelölik.

A bukószéleket igen gyakran szokás csoportosítani meleg és hideg, vagy éppen főn típusú és bóra típusú szelekre. Ezen osztályozás szükségessége azonban több szempontból is problémás. A csoportosítást az eltérő kialakulási mechanizmussal magyarázzák, azonban mai ismereteinkkel már tudjuk, hogy a bóra és a főn lényegében ugyanaz a jelenség. Mindegyik bukószél, erősebb formájában lejtővihar, amelynek hátterében a hegységek keltette légköri hullámok állnak. Az, hogy végül hűlést vagy melegedést eredményeznek, attól függ, hogy a leáramlás során minden esetben bekövetkező melegedést felülmúlja-e a hidegebb levegő beáramlása.

A fenti alapfogalmak áttekintését követően a Kárpát-medencét körbejárva bemutatjuk az egyes jellegzetes szeleket. Ehhez a HungaroMet Zrt. Siófoki Viharjelző Observatóriumában futtatott WRF időjárásrutató és előrejelző modell számításait is felhasználjuk. A modell a nagy térbeli felbontásának köszönhetően alkalmas arra, hogy nagy pontossággal szimulálja ezeket a légmogzásokat.

Bóra az Adrián

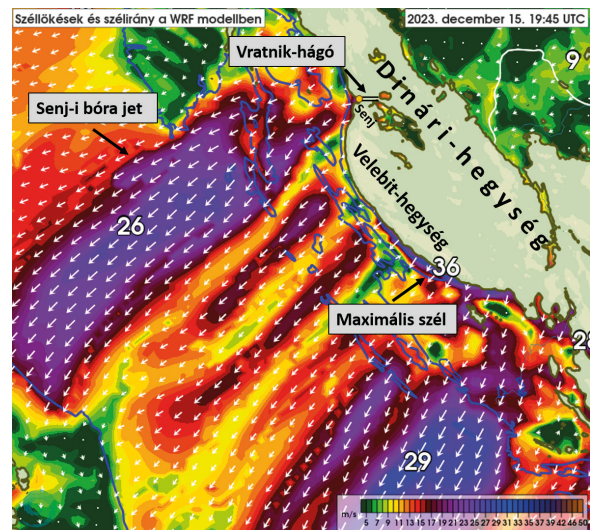
A Kárpát-medence körüljárását délnyugaton, a Dinári-hegység vonulatánál kezdjük, ahol az adriai partvidék jellegzetes szele, a bórá fúj [1]. A bórá történelmi okokból, illetve erejéből adódóan hazánkban is ismert jelenség. Északkeleti irányú szél, amely a Dinári-hegységből csap le az Adriai-tenger térségére. A Trieszt körüli olasz és szlovén területektől az Isztriai-félszigeten, a horvát és montenegrói tengerparton át egészen Albániáig kialakul. Hevesebb bórá idején a legerősebb szélökések többször elérik a 150 km/h-t, miközben az átlagos szélsébség is meghaladja a 70 km/h-t. Az eddigi legnagyobb bórához kötődő szélökés 250 km/h-s volt. Ezt 1996 januárjában regisztrálták a horvátországi Makarskánál. Bóra egész évben kialakulhat, azonban sokkal gyakoribb, erősebb és hosszabb ideig tart a téli félévben, mint nyáron (Poje, 1992). Télen napokig, esetleg egy hétig is fennmaradhat, míg nyáron általában csak pár óráig fúj. Tipikusan északkeleti szél, minél merőlegesebb az áramlás iránya a part menti hegyvonulatra, annál erősebb lehet. Bóra általában egy Európa középső vagy északi része felett elhelyezkedő anticiklon vagy/és egy nyugat felől az Adriai-tenger térségébe helyeződő mediterrán ciklon hatására alakul ki (Dorman et al., 2007). Ezek olyan áramlási rendszerek, amelyek a szárazföld felől a Dinári-hegységen átbukva a tenger irányába szállítják a levegőt a légkör alsó szintjein. Sok esetben a mediterrán ciklon és a kontinens feletti magasnyomás közös áramlási rendszere eredményezi a bórá kialakulását. Rövidebb ideig és gyengébb formában hidegfront áthaladását követően is előfordulhat.

A bórá a köztudatban úgy él, mint a dalmát és az isztriai tengerparton felhőmentes időben lecsapó, hideg, heves szélroham. Ez sokszor valóban így is van, de általánosan egyik sem feltétlenül igaz! Bóra idején a Dinári-hegység szél felőli oldalán sokszor jellegzetes gomolyos felhőzet, a bórapad alakul ki, miközben a tenger felett felhőmentes az ég (3. ábra). Mediterrán ciklon által kialakított bórá esetében azonban a hegyen átbukó szél kiszárító hatása nem feltétlenül érvényesül,



3. ábra. Jellegzetes bórá felhőkép az Adria térségében. A Dinári-hegység felett, a feláramlási oldalon felhős az ég, míg a leáramlási oldalon, a partvidéken és a tenger felett alig van felhő [2].

többször felhőzet és csapadék is társul hozzá az Adria felett. Egyáltalán nem tekinthető általánosnak az sem, hogy a bórá hideg szél. Sőt, a bórá – mint minden lejtővihar – melegező szél, csak többnyire relatíve hidegebb levegőt hoz magával a meleg tengerpartra, így ott végül lehűlést okoz. A bórá nem mindig heves formában jelentkezik. A gyengébb bórá katabatikus-szél,



4. ábra. Jellegzetes bórá szélstruktúra az Adriai-tenger északi részén 2023 decemberében a WRF modellben. Az ábrán az 500 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó domborzat került megjelenítésre. A legerősebb szél a meredek lejtőjű Velebit-hegység lábánál alakult ki (36 m/s-os szélökés). A Velebit-hegység északi határán, a Vratnik-hágó kijáratából kiinduló bórá jet az olasz partokat is elérte, benne a legnagyobb szélökés 26 m/s volt.

melyet a hegység és a tengerpart közötti nagy hőmérséklet-különbség alakíthat ki. Erősebb, szélsőséges típusai – az újabb ismeretek alapján – azonban hegyi hullámok hatására kialakuló lejtőviharok, amelyek mögött mindig nagytérségű folyamatok (ciklonok, anticiklonok) állnak (*Grisogono and Belussic, 2009*).

A bóra megjelenési formája nagyban függ a domborzati akadály meredekségétől és a partvonal típusától. Tagolatlan partvonalnál, meredek hegyoldalnál, így például a Dinári-hegység északi részét képező Velebit-hegység lábánál a bóra igen heves szélrohamokkal csap le, majd a tenger felé gyorsan gyengül. A fészige-tekkel, szigetekkel sűrűbben tagolt területeken változatos a megjelenése. A hágók, szorosok kijáratából indulva az Adriai-tengeren keresztül egészen az olasz partokig átnyúló hosszú szélszatornák, úgynevezett jetek alakulnak ki, amelyek a tenger felett meanderezve változtatják helyzetüket. Ennek egy tipikus példája a Vratnik-hágó kijáratában, Senj térségéből kiinduló bóra jet (*4. ábra*).

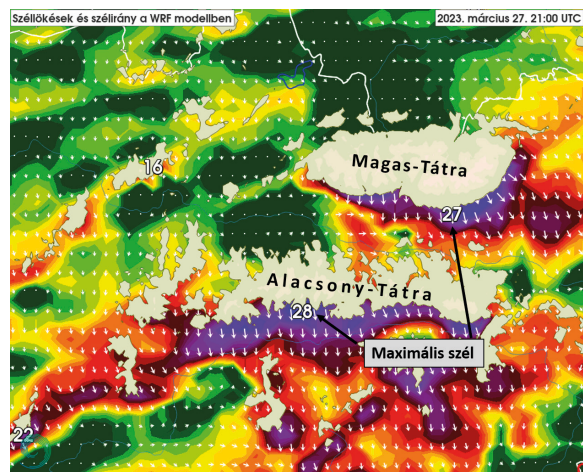
Főn az Alpokban

Az Alpok lábánál kialakuló főn szél széles körben ismert jelenség, ez a legjobban tanulmányozott bukószél [3]. Délies alapáramlás esetén, például ciklonok előoldali áramlási rendszerében a levegő átbukik az Alpok vonulatán, és annak északi oldalán szélvihart okozhat. A déli, szél felőli oldalon csapadékképződés, az északi oldalon kiszáradás és igen jelentős felmelegedés is jelentkezhet. A főn esetén dél felől már alpból meleg levegő érkezik, amihez még hozzájárul a kiszáradás és a leáramlás hatására bekövetkező felmelegedés. Így nem véletlen, hogy hófalónak is nevezik ezt a szelet, hiszen igen gyors hóolvadást eredményezhet. Főn az Alpok déli oldalán is kialakul, ehhez azonban észak felől hidegebb levegő beáramlása, vagy egy Közép-Európa felett elhelyezkedő anticiklon peremén kialakuló nagy észak-déli irányú légnyomás-különbség szükséges. Az érkező hidegebb levegőt nem mindig kompenzálja a leáramlás következtében bekövetkező felmelegedés, így ez hideg szélként is jelentkezhet. Nem is nevezik mindenhol főnnek, olasz területen például tramontana a neve.

A Magas-Tátra lejtőviharai: a halny és a lengyel szél

A Dinári-hegységet és az Alpokat követően a Kárpátok vonulata mentén folytatjuk a bukószelek bemutatását. Bukószelek ugyanis arrafele is többször kialakulnak, bár jóval ritkábban fordulnak elő, mint a bóra az Adrián.

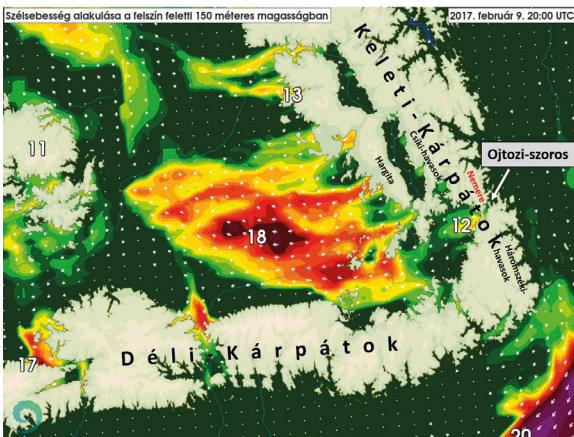
Az Északnyugati-Kárpátok legmagasabb része a Magas-Tátra a lengyel-szlovák határon, így elsősorban ott alakulhatnak ki lejtőviharok, de az Alacsony-Tátrában is előfordulnak erősebb bukószelek (*5. ábra*). A Magas-Tátra térségében északi irányból, Lengyelország felől, és déli irányból Szlovákia felől is ki tud alakulni bukószél. A hegyvonulaton déli irányból átbukó, főn jellegű, melegedéssel járó szelet halny-nak, míg észak felől fújó párját lengyel szélnek nevezik. A halny egy, a Tátrától nyugatra elhelyezkedő ciklon előoldali áramlási rendszerében, míg a lengyel szél a hegységtől középpontjával keletebbre elhelyezkedő ciklon hátoldalán alakul ki. Leggyakrabban a november és április közötti időszakban fordulnak elő. Mivel az erős lejtőviharok nem túl gyakoriak a Tátrában, így amikor lecsapnak, jóval nagyobb károkat okozhatnak: rendre fakidőlésekkel, jelentős erdőpusztulással járnak, amik különösen a telepített erdőket sújtják. A Tátra északi oldalán a legerősebb halny 1968. május 6-án csapott le 288 km/h-s maximális széllelkéssel, ami máig abszolút rekord, így nem véletlenül nevezik ezt Dél-Lengyelországban az évszázad viharának (*Sliwinska and Ciaranek, 2015*). A lengyel szél legnagyobb pusztítását 2004. november 19-én végezte a Magas-Tátra déli oldalán (*Horváth, 2004; Simon et al., 2006*). Az ekkor mért legerősebb széllelkés 209 km/h volt, a lejtővihar pedig nagy kiterjedésű erdős és lakott területeket érintett.



5. ábra. Bukószél (lengyel szél) a Magas- és az Alacsony-Tátra térségében 2023 márciusában. Az ábrán az 1000 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó domborzat került megjelenítésre. Az északias alapáramlás a hegyvonulatok déli oldalán igen jelentősen felerősödött (lilas színek). Miközben a hegyvonulatok déli oldalán 27-28 m/s-os széllelkések alakultak ki, az északi oldalon többfelé közel szélcsend volt. Ezek a 100 km/h körüli széllelkések nem számítanak rendkívülinek a Tátrában, a legerősebb lejtőviharok maximális széllelkései meghaladták a 200 km/h-t is.

Székelyföld szele: a nemere

A nemere az Erdélyi-medence keleti részének bukószele, ami az északkelet felől érkező hideg levegő Keleti-Kárpátokon történő átkelése során alakul ki (Péczely, 1976). Hazai vizsgálata az 1920-as évektől lényegében megszűnt, így napjainkban – azon túl, hogy létezik ilyen szél – lényegében semmilyen információ nincs róla a köztudatban. A múlt századforduló körül azonban ez a hideg és igen száraz, északkeleti, keleti irányú szél még magyar bóraként vagy székely bóraként élt a köztudatban. Nevét a Nemere-hegységről kapta, mert annak az irányából fúj. Azonban nem csak a Nemere-hegység környezetében, hanem jóval nagyobb területen is kialakul (6. ábra). A nemere esetében elsősorban a bukószél hatás érvényesül és általában jelentős lehűlést okoz. Esetében is igaz azonban, hogy különösen erős lehet a hegyek közötti szorosokban. Ennek egy jellegzetes megnyilvánulási helye az Ojtozi-szoros kijáratánál Kézdivásárhely, Sepsiszentgyörgy térsége. Nemere előfordul a Gyergyói-, Csíki-, és Háromszéki-medencékben, illetve a Kárpátok belső vonulatától nyugatra, az Erdélyi-medencében is. A magasabb hegyek környezetében csapadék, hóviharak társulhatnak hozzá, míg Marosvásárhely, Segesvár térségében már általában napos időjárást eredményez.

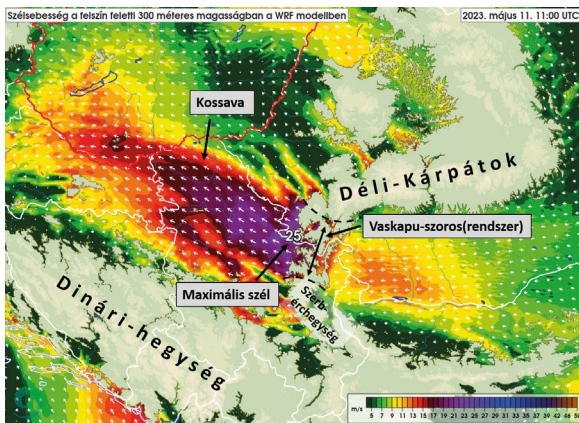


6. ábra. Nemere az Erdélyi-medencében 2017 februárjában. Az ábrán a 800 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó domborzat került megjelenítésre. Miközben a Kárpátok vonulatán kívül közel szélcsend volt, a belső területen egy gyengébb nemere alakult ki (pirosas színek). Ebben az esetben a szél maximumát nyugatabbra, az Erdélyi-medence keleti részén érte el. Más esetekben azonban közvetlenül a hegyvonulatok lábánál, vagy az Ojtozi-szoros kijáratában, Kézdivásárhely, Sepsiszentgyörgy térségében alakul ki a legnagyobb szél. A szoros kijáratánál ebben az esetben is megfigyelhető egy kisebb szélmaximum (12 m/s).

A nemere elsősorban a téli és a kora tavaszi hónapokban alakul ki, különösen gyakori lehet márciusban és áprilisban. A nemere általában napokig, de tavasszal akár hetekig is fújhat. Létrejöttéhez egy Kelet-Európa felett elhelyezkedő anticiklon vagy egy kelet felé mozgó mediterrán ciklon szükséges (Farnos, 1899). Akkor tud igazán megerősödni, amikor a mediterrán ciklon a Fekete-tenger fölé ér. Mivel az északkelet felől, Szibéria irányából érkező légtömegek általában szárazak, nemere esetén a hegyvonulatok nyugati oldalán igen erős lehet a levegő kiszáradása, 10% közelébe süllyedhet a relatív páratartalom. Amennyiben azonban mediterrán ciklon okozza a nemerét és a középpontja megközelíti a térséget, akár hóviharak is társulhatnak hozzá. Bár a nemerét hideg szélként tartjuk számon, ez egyáltalán nem törvényszerű, ahogy a bóra esetében sem. Ez a szél is ugyanúgy melegedést okoz az áramlás irányával ellentétes oldalon, mint a fön, csak általában a melegedésnél sokkal markánsabb a betörő hideg levegő hatása.

A Vaskapu-szorosból fújó szél: a kossava

A kossava Szerbia délkeleti irányú, hideg, helyi szele, de Románia, Horvátország és Magyarország egyes részein is érezteti hatását. Akkor alakul ki, amikor az északkelet felől érkező hideg levegő nem csak átbukik a Keleti-Kárpátokon (nemere), hanem körül is folyja a hegységet és a Havasalföld felől, az Al-Duna mentén, délkeleti irányból érkezik meg a Kárpát-medencébe (Péczely, 1976). Télen és tavasszal a leggyakoribb, elsősorban február és április között, és akár 10 napnál tovább is eltarthat. A hegyvonulatok délkeleti oldalán kellő nedvességtartalom esetén nagyobb csapadékot is okozhat, rajtuk átkelve azonban kiszárad. Kialakulásában a hegyek közötti csatorna-hatás az elsődleges, a bukószél-hatás a másodlagos, de mindkettő meghatározó. Az erősebb kossava is szinoptikus skálájú folyamatok eredményeként alakul ki. Egy Kelet-Európa felett elhelyezkedő anticiklon vagy egy kelet felé mozgó mediterrán ciklon szükséges a létrejöttéhez (Romanic et al., 2016). A kossava szél egyik legjellegzetesebb megnyilvánulási területe a több szorosból álló, több mint 100 km széles Vaskapu-szoros térsége a Déli-Kárpátok és a Szerb-érchegység vonulatai között (7. ábra). Az Al-Duna mentén fújó szél erejét Jókai Mór Az arany ember című regényéből is ismerhetjük. A kossava gyakran Magyarország déli területeit, elsősorban Szeged környékét is eléri. Akár a Balatonnál is kifejtetheti hatását, ahol különleges formában



7. ábra. Kossava szél 2023 májusában a WRF modellben. Az ábrán az 500 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó domborzat került megjelenítésre. A lilás színek jelzik a legnagyobb szélereősséget. A Havasalföld irányából érkező áramlás a Déli-Kárpátok és a Szerb-érchegység közötti szorosokban (Vaskapu-szoros) jelentősen felgyorsult. A szélesebesség a szorosoktól nyugatra több, mint a duplájára nőtt. Magyarországon ebben az esetben Pécs és a Balaton környékén éreztette hatását a kossava, máskor inkább Szeged környéke az érintett.

jelentkezik: a Balaton feletti hideg levegő a délkeleti szelet északkeleti irányba fordítja és a Balaton nyugati medencéjében akár szélérésődést is okozhat.

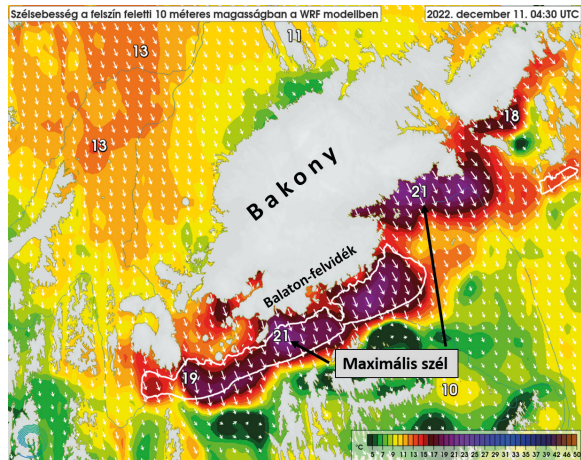
A balatoni viharok kevésbé ismert okozója: a bakonyi főszeél

A Balatonnál kialakuló, északnyugat felől érkező szélviharokat már a 19. század végén a „bakonyi főszeél” elnevezéssel illették a helyiek (Cholnoky, 1936), majd a 20. század során sokáig elterjedt volt a „Balaton bórája” név is (Zách, 1953). Már több, mint 100 évvel ezelőtt is a Bakonyt sejtették a balatoni viharok háttérében. Erre utal a bakonyi „főszeél” elnevezés is, amiben a „fő” nem egy kiemelés, hanem a „földről jövő” rövidítése. A Balaton felett azonban a domborzat szélérésítő hatása sokáig mégsem volt egyértelmű, hiszen a tónál számos hatás együttese alakítja a szélviszonyokat. A Balatonnál fújó – a környezeténél gyakran jóval erősebb – szél nem tudható be egyértelműen a Bakonyra. Három fő tényezőt érdemes kiemelni:

- bakonyi bukószeél
- kisebb súrlódás a vízfelszín felett
- a víztömeg és a szárazföldi területek eltérő hőmérséklete

Hogy ezen tényezők közül melyik érvényesül jobban, az erősen függ az időjárási helyzettől, a légkör állapotától. A bakonyi főszeél akkor alakulhat ki, ha egy nagyobb kiterjedésű légörvény a Bakony vonulatára

merőleges irányú (északnyugati, északi) szelet indukál. Szükség van még arra is, hogy a Bakony északi oldalán a levegő ne tudjon akadálytalanul feláramlani (ne legyen labilis a légrétegződés), hanem „beszoruljon” egy stabil légréteg alá, ezáltal felgyorsuljon a Balaton felőli oldalra érve (8. ábra).



8. ábra. Bakonyi főszeél 2022 decemberében a WRF modellben. Az ábrán a 200 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó domborzat került megjelenítésre. A lilás színek jelzik a legerősebb szelet, a számok a maximális erősséget m/s-ban. Az erős (13 m/s) északnyugati alapáramlás a Bakonyon átkelve a Balaton feletti viharossá fokozódott (21 m/s), majd tőle távolodva gyorsan gyengült.

A bakonyi főszeél számára a legkedvezőbb időjárási helyzetet a ciklon hátoldali helyzetek jelentik, így középpontjukkal a Kárpát-medence keleti felében elhelyezkedő ciklonok különösen kedvezőek lehetnek [4]. Ezek legtöbbször mediterrán ciklonok, ritkábban a térségben kialakuló, vagy az óceán felől érkező ciklonok. Kisebb mértékben anticiklon peremen, illetve hidegfrontokhoz kötődően is érvényesülhet a Bakony szélérésítő hatása. Hideg levegő markáns beáramlása esetén azonban sokkal inkább a Balaton „tesz rá még egy lapáttal” a már alaphoz is erős szélre. Éves eloszlását tekintve a bakonyi főszeél elsősorban a késő őszi, téli hónapokban alakulhat ki. Ekkor kedvező a légrétegződés és a mediterrán ciklonoknak is ez a szezonja. Ilyenkor fordulnak elő a legerősebb bakonyi bukószelek, a legnagyobb szél-lökések többször meghaladják a 80-90 km/h-s sebességet. A főszeél másodmaximuma a nyári éjszakákon, reggeleken van. Az ekkor kialakuló bakonyi bukószelek előrejelzése igen összetett feladat. Egyrészt nyáron ezek a szelek gyengébbek, sokszor éppen a viharjelzés kiadási határok körül mozognak a legerősebb szél-lökések. Másrészt sokkal nagyobb szerepe van a Balatonnak, mint télen. A Bakony hatására bekövetkező szélérésődésekkel a következő tanulmány foglalkozik részletesen: [5].

A bakonyi főszeél nemcsak a jellegzetes szélmező alapján ismerhető fel, hanem egyes esetekben az égkép alapján is. Gyakori, hogy a Balaton felett kialakul egy ún. álló léghullám. Ezt a hullámot a Bakony váltja ki, és lényegében megfesti a már korábban részletezett bukószeél hatást. A Bakony déli lábánál, a Balaton északi részén létrejön egy tartósan felhőmentes terület a lecsapó szél felhőoszlató hatására. A Balaton felett, a déli part felé közeledve a leáramlás feláramlásba vált át, ami egy tartós felhőképződési zóna létrejöttét eredményezi, megmutatva az állóhullám tengelyét.

További helyi szelek

A bakonyi főszeéllel a jellegzetes helyi szelek bemutatásának a végére értünk, ez azonban nem jelenti azt, hogy nincs a Kárpát-medence térségében több, hasonló szél. Sőt, bukószelek a hegyvonulatok bármely másik részénél is előfordulhatnak, ha a nagytérségű időjárási helyzet a hegyre merőleges irányú szelet eredményez és megfelelő a légrétegződés. Így például a tanulmányban nem részletezett Északkeleti- vagy Déli-Kárpátokban is vannak bukószelek, lejtőviharok. Az alacsonyabb hegyek környezetében a szél erősítő hatás általában nem jelentős. Ott sokkal jellegzetesebb a bukószeleket általában jellemző kiszáradás, felhőoszlató hatás és felmelegedés a szélllel ellentétes oldalon. Az ilyen gyengébb szeleket főn-szerű szeleknek szokás nevezni és bármely hazai dombvidéknél is előfordulhatnak. Becsatornázódás hatására megerősödő további szeleket is könnyen találunk a Kárpát-medencében, elég csak a Fertő-tó környékének északnyugati vagy a Bodrogekészakkeleti szélére gondolnunk.

Összefoglalás

Összefoglalásként megállapítható, hogy a domborzat a nagytérségű folyamatok által kialakított szélviszonyokat igen jelentősen felerősítheti. Ilyen szél erősödés a Kárpát-medence térségben az Adriai-tenger partjánál fújó **bóra**, az Alpok lábánál kialakuló **főn**, a Tátrában a **lengyel szél** és a **halny**, az Erdélyi-medence keleti részén a **nemere**, a Vaskapu-szoros térségében a **kossava**, illetve a Balatonnál a **bakonyi főszeél**. A főn és a halny általában felmelegedéssel jár, míg a többi szél esetében inkább lehűlés jelentkezik. A bóra és a főn gyakran előforduló szelek, míg például a halny és a lengyel szél ritkábbak. Jellegzetes, szél erősődéssel járó bukószeél, lejtővihar a Bakony hatására is kialakul, ami nagyban befolyásolja a balatoni szélviszonyokat, ezáltal fontos tényező a balatoni viharjelzésben.

Irodalomjegyzék

- Cholnoky, J.*, 1936: Balaton. kiadó: Franklin Társulat, A Magyar Földrajzi Társaság Könyvtára sorozat 137 pp.
- Dorman, C. E., Carniel, S., Cavaleri, L., Scavo, M., Chiggiato, J., and J. Chiggiato, J. Doyle, T. Haack, J. Pullen, B. Grbec, I. Vilibić, I. Janeković, C. Lee, V. Malačić, M. Orlić, E. Paschini, A. Russo, R. P. Signell.*, 2007: February 2003 marine atmospheric conditions and the bora over the northern Adriatic. *J. Geophys. Res.* 112. <https://doi.org/10.1029/2005JC003134>
- Farnos, D.*, 1899: Háromszék vármegye időjárásáról., Albert Kiadó (Sepsiszentgyörgy)
- Grisogono, B., Belussic, D.*, 2009: A review of recent advances in understanding the meso and microscale properties of the severe Bora wind, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 61, 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2008.00369.x>
- Horváth, Á.*, 2004: A 2004. november 19-ei nagy vihar. *Légekör*, 49. (4) 6-9.
- Péczy, Gy.*, 1976: Helyi szelek. *Légekör*, 21. (4) 81-86.
- Poje, D.*, 1992: Wind persistence in Croatia. *Int. J. Clim.* 12, 569-586. <https://doi.org/10.1002/joc.3370120604>
- Romanić, D., Ćurić, M., Lompar, M., Jovičić, I.*, 2016: Contributing factors to Koshava wind characteristics. *International Journal of Climatology* 36, 956-973. <https://doi.org/10.1002/joc.4397>
- Simon A., Horváth Á. and Vivoda J.*, 2006: Case study and numerical simulations of the November 19, 2004 severe windstorm in Central Europe, *Időjárás*, 110. 91-123.
- Sliwinska, M., Ciaranek, D.*, 2015: Very strong foehn winds in the Tatra Mountains (Polish Carpathian Mountains) - causes, course and consequences. *Aerul si Apa: Componente ale Mediului*. 109-116.
- Zách, A.*, 1953: Balatoni szél. Az Országos Meteorológiai Intézet kis népszerű kiadványa. 64 pp.

Internetes hivatkozások

- [1] https://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3157&hir=Az_adriai_boratos_a_bakonyi_lejtoviharig
- [2] <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
- [3] https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=410
- [4] https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2920
- [5] - https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3365&hir=A_Balaton_boraja



A keszthelyi homogenizált hőmérsékleti adatok elemzése különös tekintettel a 20. század eleji felmelegedés jeleire

Jakuschné Kocsis Tímea, Pongrácz Rita, Hatvani István Gábor, Magyar Norbert, Anda Angéla, Kovácsné Székely Ilona

Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem Kereskedelmi-, Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar, jakuschnekocsis.timea@uni-bge.hu

DOI:10.56474/legkor.2025.2.3

A tanulmány célja, hogy bemutassa, objektíven detektálhatóak-e éves, évszakos, illetve havi skálán statisztikailag szignifikáns változások Kelet-Közép-Európa egyik leghosszabb homogenizált hőmérsékleti adatsorában nemcsak az utóbbi néhány évtizedben, hanem már sokkal korábban, a 20. század első felében is. A globális tendenciához hasonlóan a keszthelyi éves középhőmérsékleti idősorban is azonosítható a 20. század eleji felmelegedés (a továbbiakban ETCW) 1931 és 1951 között. A Mann-Kendall-féle trend teszttel kimutattuk, hogy egy szignifikáns emelkedő tendencia figyelhető meg az 1925 és 1951 közötti évek tavaszi idősorában. Ugyanakkor sem a nyár, sem az ősz ebben az időszakban nem jellemezhető szignifikáns trenddel, az átlag emelkedése azonban felismerhető. Összességében az ETCW jól megfigyelhető a keszthelyi hőmérsékleti idősor részletes statisztikai elemzésén keresztül.

Analysis of homogenized temperature data from Keszthely with special attention to signs of warming in the early 20th century

The aim of the study is to prove whether statistically significant changes on annual, seasonal and monthly scales can be objectively detected in one of the longest homogenized temperature time series in Central and Eastern Europe, not only in the last few decades, but also much earlier, in the first half of the 20th century. Like the global trend, an early 20th century warming (hereafter ETCW) between 1931 and 1951 can be identified in the Keszthely annual mean temperature time series. Using the Mann-Kendall trend test, a significant increasing trend can be observed in the time series of spring for the years 1925 to 1951. However, neither the summer nor the autumn in this period show a significant trend, but an upward shift in the average is detectable. Overall, the ETCW is well observed through a detailed statistical analysis of the temperature time series for Keszthely.

A globális átlaghőmérséklet emelkedése mára már bizonyított ténynek tekinthető (IPCC, 2023). Ez a felmelegedés a 19. század vége óta nyomon követhető, és megfigyelhető két határozott melegedési szakasz, amik sok éghajlati idősorban jól lehatárolhatók. Az egyik ilyen szakasz a 20. század első felére tehető, az 1920-as és 1940-es évek közé. A másik jól elkülöníthető szakasz a 20. század végén kezdődött, kb. 1980 táján, és jelenleg is tart elsősorban az erősödő antropogén hatások miatt (Hegerl et al., 2018). A jelenlegi felmelegedést megelőző legjelentősebb felmelegedés a törénelmi globális éghajlati adatokban a 20. század első felében következett be, és a 20. század eleji felmelegedés néven ismert (Hegerl et al., 2018). A 20. század eleji felmelegedésben (melyet angol nevének /Early Twentieth Century Warming/ rövidítéséből a továbbiakban ETCW-nek nevezünk) a természetes tényezők szerepe volt hangsúlyos, és az aktuálisabbnak tekintett antropogén eredetű felmelegedés miatt vizsgálatára kevesebb figyelmet szentelnek. Az ETCW során erősebb felmelegedés az arktikus területeken jelentkezett, de hatást gyakorolt Észak-Amerika, Nyugat-Európa és az Atlanti térség éghajlatára is. Európában az ETCW időszakát hideg telek, nyári hóhullámok és aszályok jellemezték (Hegerl et al., 2018). Vizsgálataink célkitűzése az volt, hogy megnézzük, felfedezhető-e, elkülöníthető-e az ETCW időszaka a Kárpát-medence térségében is. Ehhez egy olyan állomás adatsorát használtuk, ahol a hazai mérőhálózat szerveződése óta megszakítás nélkül folynak a meteorológiai mérések. Keszthely a Kárpát-medence nyugati felén, a Balaton nyugati végén, annak északi partján található. Mikroklímáját befolyásolja a közeli víztest és a várost körbevevő domság jelenléte. A klímaváltozás több szempontból is érinti, hiszen turisztikai desztináció, és a közelében felbecsülhetetlen természeti értékek találhatók.

Felhasznált adatok és elemzési módszerek

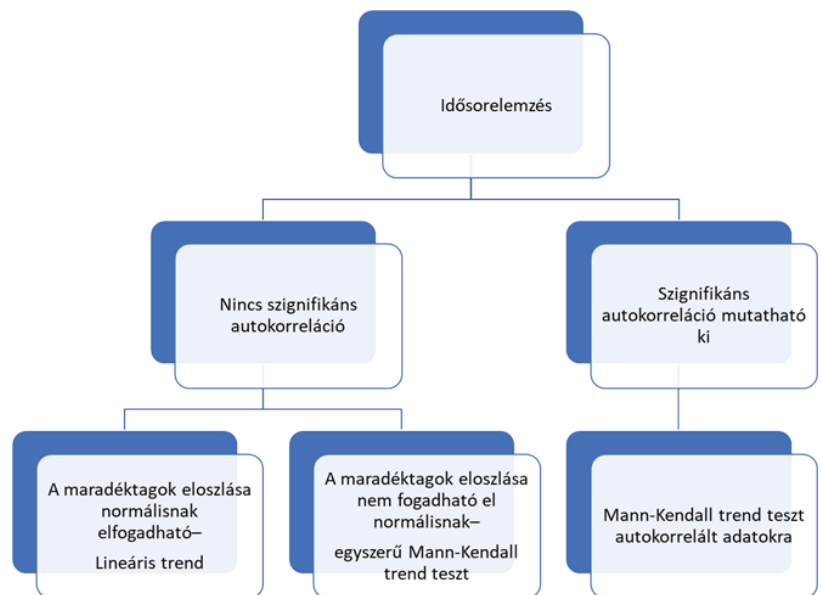
A vizsgált adatok a keszthelyi havi homogenizált középhőmérsékleti értékek az 1871–2018 közötti időszakban, melyeket a MATE Georgikon Campus Agronómia Tanszéke biztosított. A homogenizálást a HungaroMet-nél a MASH

programmal (Szentimrey, 1999, 2008) végezték el. Az adatokat először éves és évszakos középhőmérsékletekre aggregáltuk, majd ezután az éves és évszakos adatokban töréspontokat kerestünk a Bayes-i törésvizsgálati módszer segítségével (Ruggieri, 2013, 2018) 80%-os és 90%-os valószínűségi szinten. Gyakorlatilag kimutattuk azon ötéves időegységeket, ahol a legnagyobb valószínűséggel töréspont következett be az idősorban. A töréspontoknak megfelelően szakaszoltuk az idősorokat és trendvizsgálatot végeztünk (lineáris trend, egyszerű Mann-Kendall trend teszt (Mann, 1945, Kendall, 1975); Mann-Kendall trend teszt autokorrelált adatokra (Hamed és Rao, 1998)). A megfelelő trendszámítási módszer kiválasztásához egy döntési eljárást alkalmaztunk (1. ábra).

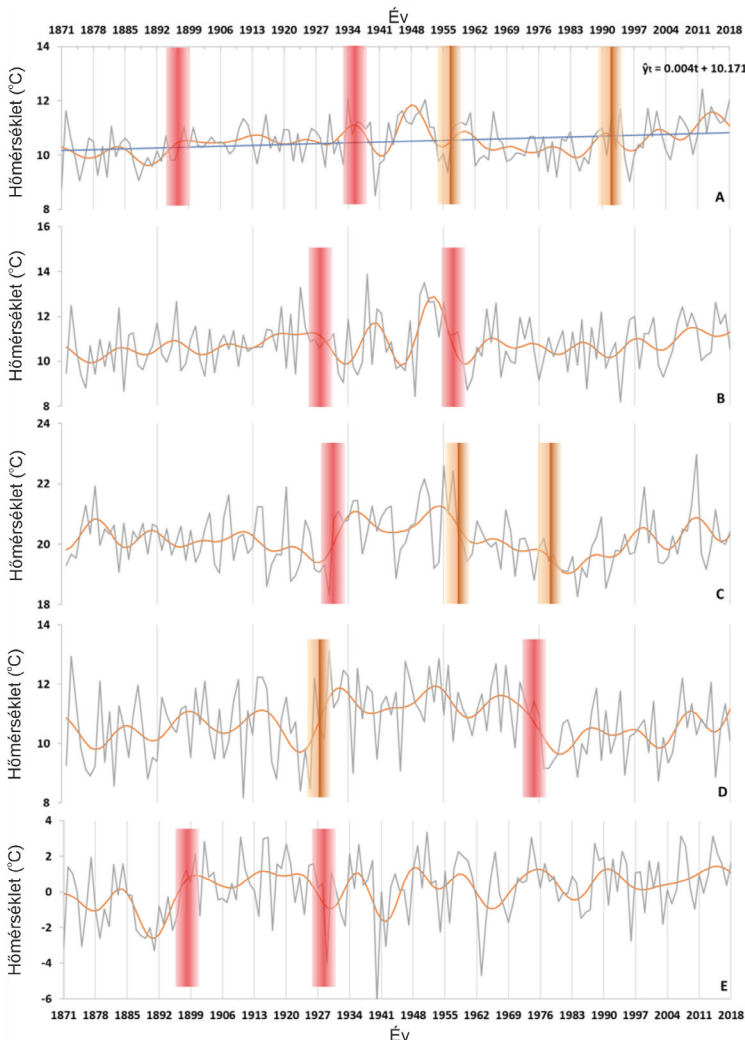
A maradéktagok normális eloszlásának vizsgálatára a Shapiro-Wilk próbát használtuk (Shapiro és Wilk, 1965). A nem-paraméteres trend meredekségét Sen-féle meredekséggel (Sen, 1968) közelítettük. Az autokorrelált Mann-Kendall trend teszt használatát az ebbe indokoltta, hogy több idősor esetében tapasztalható a lineáris trend maradéktagjai között autokorreláció (az éves, a nyári és a júliusi idősorokban). A tesztek legnagyobb részében az 5%-os szignifikancia szintet alkalmaztuk.

Eredmények

Az éves középhőmérsékletek trendjeinek megállapítására az autokorrelált Mann-Kendall trend tesztet használtuk, és szignifikáns emelkedő trendet talál-



1. ábra Az alkalmazott módszer kiválasztása.



2. ábra. Keszthelyi éves (A) és évszakonkénti (B-tavaszi, C-nyári, D-őszi, E-téli) nyers (szürke) és szűrt (narancssárga) hőmérsékleti idősorok 1871–2018 között. A 80–90% közötti valószínűségű töréspontokat narancssárga, a 90%-nál magasabb valószínűségeket piros függőleges oszloppal jelöljük. A kék vonal az éves idősor lineáris trendje. (Kocsis et al. 2024 alapján).

tünk, aminek a mértéke $0,4^{\circ}\text{C}/100$ évre becsülhető. Az évszakok közül télen monoton emelkedő trend mutatható ki ($0,84^{\circ}\text{C}/100$ év). Tavasszal szintén emelkedő tendencia tapasztalható a lineáris trend alapján, de a télihez képest kisebb mértékű ($0,48^{\circ}\text{C}/100$ év). A havi középhőmérsékletek idősorai közül 1871–2018 között januárra (lineáris meredekség: $0,0119$, $t(146)=2,259$, $p=2,534 \cdot 10^{-2}$) és novemberre (lineáris meredekség: $0,0086$, $t(146)=2,197$, $p=2,956 \cdot 10^{-2}$) igazolható emelkedő trend. Ha a változékonyságot az átlagtól vett abszolút eltérés idősoraként vizsgáljuk, akkor december hónapban ez szignifikánsan csökken (Senfélé meredekség: $-0,0042$, $S = -1235$, $p=4,070 \cdot 10^{-2}$).

A töréspontvizsgálat alapján az éves középhőmérsékletek idősorában 1930-ban 90% feletti, 1952-ben 80–90% közötti valószínűséggel mutatható ki töréspont. Ezek a töréspontok jó egyezést mutatnak az ETCW kezdetével és végével. Tavasszal 1925-ben és 1952-ben találunk töréspontokat. A nyári évszak idősorában 1927-ben és 1953-ban mutatható ki töréspont. Ősszel 1924-ben egy 80–90% közötti valószínűségű töréspont jelentkezik. A téli középhőmérsékleti adatsorokban 1924-ben 90% feletti valószínűségű töréspont detektálható. Az ETCW időszaka jól elkülöníthető a tavaszi és a nyári idősorokban is. Az őszi és a téli idősorokban azonban csak az ETCW kezdete mutatható ki (2. ábra).

A vizsgált középhőmérsékleti adatsorokat a legalább 80%-os valószínűségű töréspontoknál feldaraboltuk, és a szakaszokat külön-külön trendvizsgálat alá vetettük (1. táblázat). Az éves középhőmérsékleti adatok szegmensei közül szignifikáns hőmérsékletemelkedés figyelhető meg 1931 és 1951 között, valamint 1985 és 2018 között. Tavasszal minden szegmens szignifikáns hőmérsékletemelkedést mutat ($\alpha = 10\%$). Az ETCW időszakában is szignifikáns változás igazolható: a nyári középhőmérsékleti adatok szegmensei esetében az ETCW periódusban nem jelentkezett szignifikáns melegedés, viszont azt megelőzően egy hűlési, majd azt követően egy melegedési időszak figyelhető meg. A nyár és az ősz az ETCW idején nem jellemezhető szignifikáns trenddel, az átlag emelkedése azonban felismerhető (2. táblázat).

Télen egyik szakaszban sem mutatható ki szignifikáns változás. A nyári középhőmérsékleti adatok alakulása meglepő volt a korábbi ismeretek tükrében.

Az ETCW időszakát a mediterrán területeken és Kelet-Európában is aszályok jellemezték (Popova et al., 2022), azonban Keszthely térségére vonatkozóan nincs olyan irodalom, ami fokozott aszály érintettséget dokumentált volna az ETCW periódusban. Következtetésként levonhatjuk, hogy az ETCW időszaka hazánk területén is kimutatható, de eltérő jellegzetességekkel, mint amit a szakirodalomban olvashatunk. Például Makra et al. (2005) éppen a nedvesebb időszakok gyakoribb előfordulását detektálta a 20. század első felében.

éves	1871-1894	1895-1930	1931-1951** (Sen-féle meredekség=0,059)	1952-1984	1985-2018** (meredekség=0,042)
tavaszi	1871-1924** (meredekség=0,018)		1925-1951* (meredekség=0,062)	1952-2018** (meredekség=0,018)	
nyári	1871-1926** (meredekség=-0,014)		1927-1952	1953-2018** (meredekség=0,018)	
őszi	1871-1923		1924-1968	1969-2018** (Sen-féle meredekség=0,024)	
téli	1872-1895	1896-1923	1924-2018		

1. táblázat Szegmentálás és a szegmensek trendvizsgálata (Kocsis et al. 2024). *szignifikáns 10%-os szignifikancia szinten, ** szignifikáns 5%-os szignifikancia szinten. A szignifikáns trend esetében a lineáris meredekség vagy a Sen-féle meredekség zárójelben szerepel.

	Átlag (°C) /szórás (°C)/ (időszak)				
éves	10,023 /0,707/ (1871-1894)	10,513 /0,509/ (1895-1930)	10,852 /0,893/ (1931-1951)	10,360 /0,642/ (1952-1984)	10,740 /0,803/ (1985-2018)
tavaszi	10,644 /1,011/ (1871-1924)		11,036 /1,464/ (1925-1951)	10,860 /1,071/ (1952-2018)	
nyári	20,053 /0,818/ (1871-1926)		20,829 /0,943/ (1927-1952)	20,009 /0,897/ (1953-2018)	
őszi	10,469 /1,215/ (1871-1923)		11,344 /1,009/ (1924-1968)	10,560 /1,194/ (1969-2018)	
téli	-0,975 /2,094 (1872-1895)	0,715 /1,583/ (1896-1923)	0,367 /1,856 (1924-2018)		

2. táblázat. A szegmensek leíró statisztikai jellemzői (Kocsis et al. 2024).

Következtetések

Vizsgálataink eredményeivel az ETCW arktiszi régióban tapasztalható hatásairól szóló számos tanulmány (pl. *Bokuchava és Semenov, 2021; Brönnimann, 2009; Semenov és Latif, 2012*) és az európai kontinensre gyakorolt hatásáról szóló szórványos kutatások közötti űrt céloztuk betölteni. A globális tendenciához hasonlóan a keszthelyi éves középhőmérsékleti idősorban is azonosítható az ETCW időszaka 1931 és 1951 között. A Mann-Kendall trend teszttel az 1925 és 1951 közötti tavaszi felmelegedési időszakban egy szignifikáns emelkedő tendenciát mutattunk ki. A nyár és az ősz ebben az időszakban nem jellemezhető szignifikáns trenddel, azonban az átlag emelkedése felismerhető. Érdekességképpen fontos megemlíteni, hogy Közép-Európa egészét tekintve ennek az időszaknak a csapadékviszonyokat érintő jellemzői némileg eltérnek a szakirodalomban a tágabb környező régióra találtaktól, ugyanis a máshol jellemző

aszályokról Keszthelyre vonatkozóan nincsenek megerősítő bizonyítékok. Ennek az eltérésnek a lehetséges okait rekonstrukciós modellezéssel szükséges részletesebben megvizsgálni, de ez már túlmutat tanulmányunk célkitűzésein.

Megjegyzés: A kutatás eredményei teljes terjedelemben az alábbi szacikkben olvashatók az alkalmazott módszerek részletes leírásával és a felhasznált irodalommal együtt: Kocsis, T. – Pongrácz, R. – Hatvani, I.G. – Magyar, N. – Anda, A. – Kovács-Székely, I. (2024): Seasonal trends in the Early Twentieth Century Warming (ETCW) in a centennial instrumental temperature record from Central Europe. *Hun. Geo. Bull.* 73(1): 3-16. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.73.1.1>

A 2024. évi Meteorológiai Tudományos Napokon elhangzott előadás szerkesztett változata.

Irodalomjegyzék

- Bokuchava, D. D., Semenov, V. A. 2021: Mechanisms of the Early 20th Century Warming in the Arctic, *Earth-Science Reviews*, 222, 103820, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103820>
- Brönnimann, S. 2009: Early twentieth-century warming., *Nature Geoscience*, 2(11), 735–736. <https://doi.org/10.1038/ngeo670>
- Hamed K.H., Rao A.R. 1998: A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204, 182–196, [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
- Hegerl, G.C., Brönnimann, S., Schurer, A., Cowan, T. 2018: The early 20th century warming: Anomalies, causes, and consequences. *WIREs Climate Change* 2018, 9 (4), e522, <https://doi.org/10.1002/wcc.522>
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Kendall, M.G. 1975: Rank correlation methods. Charles Griffin, London
- Kocsis, T., Pongrácz, R., Hatvani, I.G., Magyar, N., Anda, A., Kovács-Székely, I. 2024: Seasonal trends in the Early Twentieth Century Warming (ETCW) in a centennial instrumental temperature record from Central Europe. *Hun. Geo. Bull.*, 73(1), 3-16. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.73.1.1>
- Makra, L., Mika, J., Horváth, Sz. 2005: 20th century variations of the soil moisture content in East-Hungary in connection with global warming. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30 181–186, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.08.035>
- Mann, H.B. (1945) Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245–259, <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Popova, V., Matveeva, T., Bokuchava, D. 2022: The Early 20th Century Warming in the East-European Plain Climate: Extreme Drought in 1920–1940, Atmospheric Circulation Anomalies and Links with the Sea Ice Variability. *Environmental Sciences Proceedings*, 19, 57 <https://doi.org/10.3390/ecas2022-12864>
- Ruggieri, E. 2013: A Bayesian approach to detecting change points in climatic records. *Int. J. Climatol.*, 33, 520–528. <https://doi.org/10.1002/joc.3447>
- Ruggieri, E. 2018: A pruned recursive solution to the multiple change point problem. *Comput. Stat.*, 33, 1017–1045. <https://doi.org/10.1007/s00180-017-0756-9>
- Semenov, V. A., Latif, M. 2012: The early twentieth century warming and winter Arctic sea ice, *The Cryosphere*, 6, 1231–1237, <https://doi.org/10.5194/tc-6-1231-2012>
- Sen, P. K. 1968: Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of American Statistical Association*, 63:1379–1389, <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B., 1965: An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611, <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Szentimrey, T. 1999: „Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH)”, *Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 41, 27–46.
- Szentimrey, T., 2008: An overview on the main methodological questions of homogenization, *Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases*, Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 71, 1–6.



Agrometeorológiai fejlesztések a HungaroMetnél

Kovács Attila, Erdődiné Molnár Zsófia

HungaroMet Nonprofit Zrt., kovacs.av@met.hu

DOI: 10.56474/legkor.2025.2.4

A HungaroMet honlapján (met.hu) széles körű friss meteorológiai információ érhető el, az agrometeorológiai aloldalon pedig kifejezetten a mezőgazdaságban érintettek számára készülő információk találhatók. Folyamatosan fejlesztjük a honlapunkon ingyenesen elérhető információk körét. Az alábbiakban a 2024-es évben bevezetett új produktumokat, a levélnedvesség-tartamot és az NDVI index növény-specifikus éves menetét mutatjuk be részletesen, elsősorban azok jelentőségét és az operatív működést előtérbe helyezve.

Agrometeorological developments at HungaroMet

The HungaroMet website (met.hu) provides a wide range of up-to-date meteorological information, while the agrometeorological subpage offers information specifically for those involved in agriculture. We continuously expand the range of free information available on our website. This paper provides a detailed presentation of the new products introduced in 2024, including leaf wetness duration and the crop-specific annual NDVI course, focusing on their significance and operational practice.

A mezőgazdaság az időjárás hatásainak egyik leginkább kitett területe a nemzetgazdaságnak. Bizonyos jelenségekhez kizárólag alkalmazkodni tudunk, de vannak olyanok is, amelyek ellen tehetünk is. A meteorológiai információk felhasználása a munkaszervezési döntéseknél csökkentheti a költségeket, növelheti a gazdálkodás biztonságát, ez pedig versenyelőnyt jelent.

A HungaroMet honlapján (met.hu) hatalmas mennyiségű friss információ érhető el ezzel kapcsolatban, akár az éppen aktuális mérési adatok (pl. radarképek), akár előrejelzések, de éghajlati adatok is. A honlapon ezen túl az agrometeorológiai aloldalon olyan információk találhatók, melyek kifejezetten a mezőgazdaságban dolgozók számára készülnek, melyek az ő kérdéseikre próbálnak válaszokat adni.

Folyamatosan fejlesztjük a honlapunkon ingyenesen elérhető információk körét. Mindezt azzal a céllal, hogy a mezőgazdaságban érintettek, legyen az gazdálkodó, döntéshozó, de akár a témában érdeklődő széles közvélemény is, hasznos, egyszerű, könnyen érhető és a gyakorlatban használható információkhoz jusson. Az oldalak folyamatosan frissülnek, mindig a legújabb, a legmegbízhatóbb információkat bemutatva.

Megtalálhatóak felszíni mérési adatok a jelenlegi és az elmúlt, különböző hosszúságú időszakokra. Kiemelt szerepet kap az információk között a csapadék, a felszíni mérések mellett valószínűségi előrejelzési térképek segítik a mezőgazdasági munkák mindennapi tervezését. Rendkívül fontos szerepe van a talajnedvességnek, melyet egy nagy felbontású rácshálózaton

számítunk a talaj három rétegeire. A talajhőmérséklet elsősorban a tavaszi vetések időpontjának meghatározásában lehet segítség. A növényvédőszeres permetezés jogszabályban előírt határértékeit meghaladó várható szélsőségekről előrejelzési térképen lehet tájékozódni. Műholdas méréseken alapuló napfénytartam adatokat teszünk közzé. A vegetáció állapotáról az NDVI index műholdas mérések alapján számított aktuális értékei és anomáliái adnak információt. Elsősorban a kukorica időbeli fejlődésének átlagtól való eltéréseit mutatják a hőösszeg térképek. Az agrogramok az őszi vetések és a nyári kapásnövények tenyészidőszakában bekövetkezett időjárásnak a gyors áttekintését szolgálják az ország hat térségére vonatkozóan. A havi nemzetközi elemzésünkben a nagyobb termőterületeken bekövetkezett jelentősebb időjárási folyamatokat és azok mezőgazdaságra gyakorolt hatását foglaljuk össze.

Az alábbiakban bemutatjuk két, 2024-ben az operatív gyakorlatban megvalósított fejlesztésünket: a növényvédelem szempontjából fontos levélnedveség-tartamot, valamint a termésbecsléshez használható NDVI index növény-specifikus éves menetét.

A levélnedveség-tartam

A levélnedveség-tartam (Leaf Wetness Duration - LWD) a növényvédelemben alapvető fontosságú mennyiség, ugyanis a gombás megbetegedések kialakulásához a levélnek (növény- és gomba fajtánként) meghatározott ideig nedvesnek, vizesnek kell lennie (Mező *et al.*, 1989). Nedveség a levélen származhat csapadékból, öntözésből, harmatból és ködből. Az LWD-t sok termőhelyen mérik és ezt is figyelembe veszik a komoly anyagi vonzattal járó növényvédelmi döntések meghozatalánál (Sentelhas *et al.*, 2004). A növénybetegségek epidemiológiájában betöltött rendkívül fontos szerepe ellenére az LWD nem egy sztenderd meteorológiai változó, mint a hőmérséklet, vagy a relatív nedveség (Rowlandson *et al.*, 2015).

Az LWD meghatározása még azonos növénytípus esetén is igen nehéz feladat, inkább csak közelíteni lehet, mert más és más a növényállományon belül (Klemm *et al.*, 2000). Például a kevés eső az alsó leveleket el sem éri. Más időjárási helyzetben a nap a legfelső, legkülső leveleket éri először, így azok akár órás eltéréssel hamarabb is megszáradnak, mint az alsó részek. Ha pedig a táblák lejtőszögét is figyelembe vesszük, hogy vannak árnyékosabb és naposabb területek, akkor még tovább bonyolódik a helyzet. A leveleken fülhalmozódó víz mennyisége ezen túl függ a levélfelület nagyságától (LAI), a levelek formájától, összességében



1. ábra. Vizes szőlőlevél (fotó: Kovács Attila).

a növény fajtájától és fenológiai fázisától, sőt erősen befolyásolja az állomány sűrűsége, magassága, termesztéstechnikája, annak mikroklimája (1. ábra).

Batzer *et al.* (2008) vizsgálatai szerint például egy almafa esetében egy reggeli harmat kialakulása és folszáradása során a fa felső és alsó részén elhelyezkedő leveleket tekintve öt órás különbség adódik azok levélnedveség-tartamában.

A levelek tehát egy táblán belül is eltérő ideig vizesek, így általános érvényű, pontos számokat az egész országra nem lehet megadni, mégis egyfajta becsléssel közelíthetjük az LWD-t.

Az igen bőséges nemzetközi szakirodalomban alapvetően két módszer terjedt el a LWD meghatározására (Sentelhas *et al.*, 2007, Park *et al.*, 2019).

A fizikai modellek az energiamérleg elveit használják a növényi felületeken történő vízképződés és száradás szimulálására, a levegő hőmérséklete és relatív nedveségtartalma, a napsugárzás, a felhőtakaró és akár más paraméterek alapján. A fizikai modellek több meteorológiai paramétert igényelnek.

Az empirikus modellezés más megközelítést alkalmaz: a legjobb illeszkedést biztosító statisztikai algoritmusokat használ, hogy segítsen kiválasztani azokat a paramétereket és függvényeket, amelyek a legpontosabb becsléseket adják az LWD-re. Az empirikus modellek száraz napokon (amikor csak harmat képződik) „jól működnek”, esős napokon viszont nem, pedig ezek a napok a legfontosabbak.

A 90%-ot meghaladó páratartalom összegzett napi időszaka (RH 90% módszer)

A nemzetközi szakirodalomban a legelterjedtebb empirikus módszer az LWD becslésére a 90% feletti relatív páratartalmú (RH) órák számának összegzése (NHRH>90%), így megkapjuk a napi levélnedveség-tartamot. Az RH = 90%-ot tekinthetjük a harmat-képződés küszöbértékének. Egyes szakértők ezt a módszert javasolják a LWD sztenderd definíciójának, mert egyszerű, felszíni mérésekből könnyen meghatározható és egyértelmű.

A HungaroMetnél bevezetett operatív gyakorlatban nagy felbontású rácshálózatra készített 5 percenkénti (MEANDER) analízis adatokból számoljuk ezt a mennyiséget reggel 6 és másnap reggel 6 óra (UTC-ben) között, mely az erősen páráss (>90%) időszak hosszát mutatja napi időlépcsővel 1, 2, 3, 4, 5 és 10 napos összegzésekkel (2. ábra).

Az ezzel a módszerrel való közelítés csak nagyon durva becslést ad a tényleges levélnedveség-tartamra. Így a félreértések elkerülése végett ezt a produktumot nem hívjuk „Levélnedveség-tartam”-nak, hanem a „Páráss időszak hossza” elnevezést kapta. Ez a módszer a „száraz” (csak harmatos) napokon működik jól.

Vizes levél időszak hossza

Ezen módszer számítási elve az, hogy azokat az időszakokat összegezzük, amikor a levél felülete vizes a hulló csapadék és a párolgás egyenlegének

megvonása után. Az összegzést minden nap reggel 6 és másnap reggel 6 óra (UTC-ben) között végezzük. Bár vízcseppek harmatképződéssel is keletkezhetnek a leveleken, csak a hulló csapadékból (esőből) származó esetekkel foglalkozunk a vegetációs időszakban. Az LWD-t 5 perces mérési adatokból egy egyszerű modellel számoljuk, azok számított, becsült értékek:

$$LW(i) = \text{Max} (\text{Min} (LW(i-1) + R(i), I) - E(i), 0)$$

ahol:

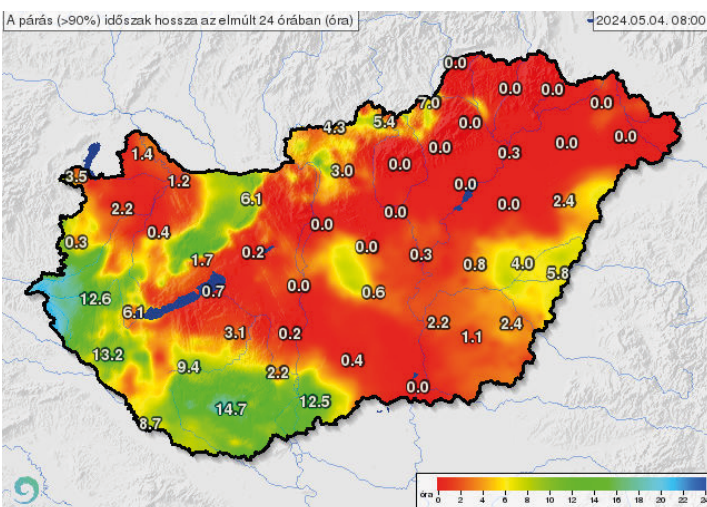
- LW(i): vízmennyiség a levélen az i. időlépcsőben
- R(i): csapadékmennyiség az i. időlépcsőben
- I: maximális intercepció (a növényzet fenológiai fázisától függő, napi változó)
- E(i): párolgás

$$LWD = \text{Sum}_{i=1-288} (Ha (LW(i) > 0) \text{ akkor } 00:05 \text{ egyéb-ként } 00:00)$$

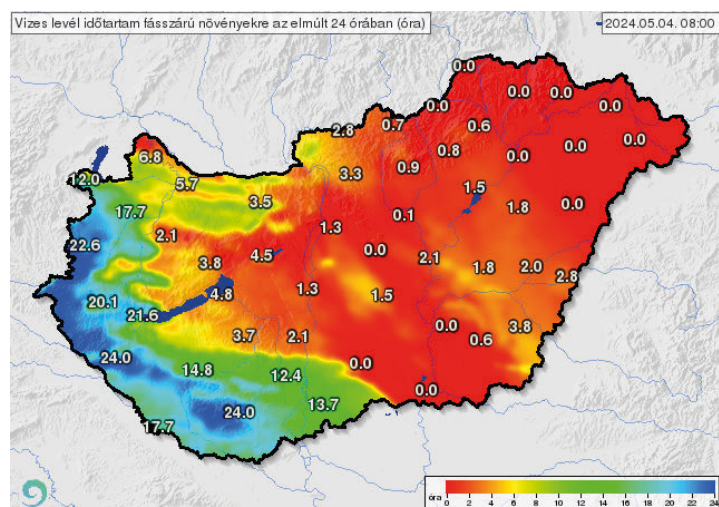
Külön számolunk lágyszárú és fásszárú növénykultúrákra, hiszen egészen más ideig marad vizes egy sűrű búzatabla május végén, mint egy olyan gyümölcsös, amit a szél könnyen átjár. Mivel a gombabetegségek kialakulásához hosszabb időszak szükséges, 1, 2, 3, 4, 5 és 10 napos összegeket is számolunk (3. ábra).

LWD előrejelzés

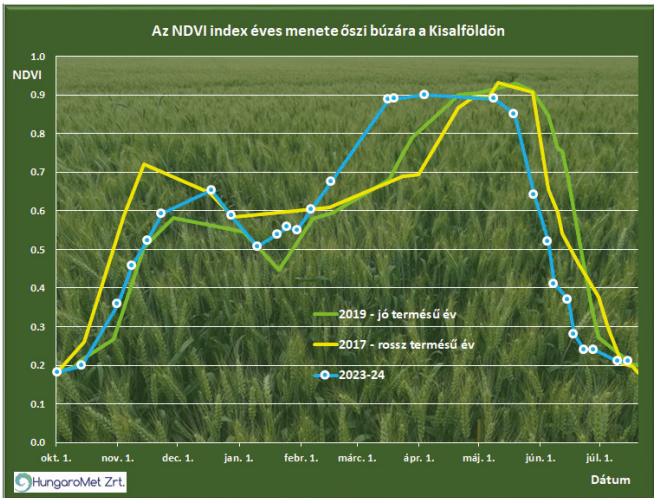
A múltbeli adatok mellett az is lényeges információ a növényvédőszeres megelőzés tervezésénél, hogy a következő napokban mennyi ideig lesznek vizesek



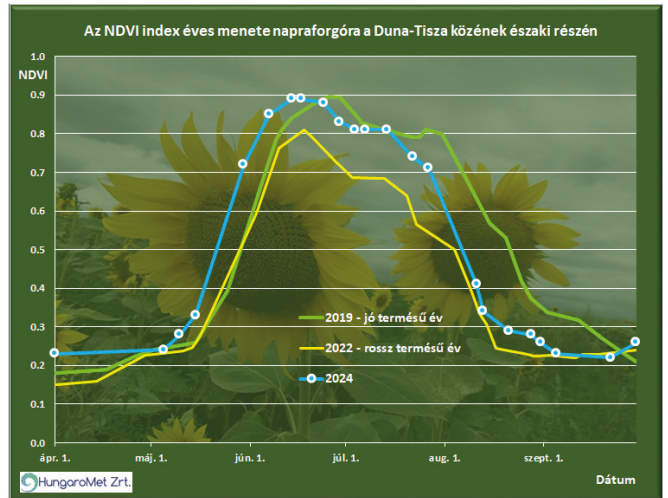
2. ábra. A páráss időszak hossza a 2024.05.04. 8 órát megelőző időszakban.



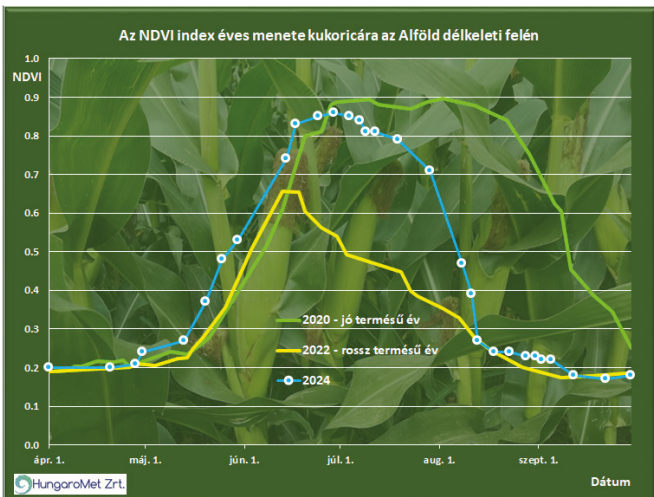
3. ábra. Vizes levél időtartam lágyszárú növényekre a 2024.05.04. 8 órát megelőző 24 órában.



4. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során búzatablakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Kisalföldön a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.



6. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során napraforgó táblakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Duna-Tisza közének északi részén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.



5. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során kukoricatablakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) az Alföld délkeleti felén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.

6 és másnap reggel 6 óra (UTC) között összegezve kapjuk a napi levélnedvesség-tartamot, melyre három napra előre készül becslés.

Növény-specifikus NDVI éves menetek

Egyes főbb szántóföldi kultúrák állapotának pontosabb monitorozásához és egyfajta korai termésbecslés készítéséhez az NDVI érték táblaszintű éves menetét növénykultúránként vizsgáljuk műholdas mérések alapján. Az NDVI a legszélesebb körben használt műholdas vegetációs index, mely a felszín „zöldességével”, fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban [1]. A műholdon elhelyezett műszerek egyrészt a felszínről és a felhőzetről visszaverődő napsugárzást, másrészt a felszín, felhőzet, légkör által kibocsátott sugárzást mérik. Derült időben a növényállományról és a talajfelszínről visszavert sugárzás hullámhossz szerinti változása eltérő a látható (VIS) és a közeli infravörös (NIR) tartományban. A különbség oka elsősorban a növény klorofill tartalmával függ össze, ugyanis a klorofill sugárzás elnyelése a látható tartományban nagy, míg a közeli infravörösben kicsi. Az egyes növények leveleinek elnyelése közötti eltérések a levelek különböző felépítésének, pigment- és víztartalmának a következményei. A levélfelület növekedésével és elhalásával párhuzamosan változik a növényállomány sugárzás visszaverő, sugárzás elnyelő és sugárzás áteresztő képessége. Ha a növényállományt vízhiány sújtja

a levelek. A Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjának (ECMWF) órás időbeli felbontású relatív nedvesség, csapadék és potenciális párolgás előrejelzéseinek felhasználásával a vizes levélre vonatkozó, korábban részletezett modell koncepciójának alapján készítjük a levélnedvesség-tartam előrejelzéseket. Azaz a levél felülete akkor vizes, ha az előrejelzett csapadék és párolgás egyenlegének megvonása után marad rajta nedvesség. Az órás időlépcsőket reggel

vagy a vegetációs periódus a vége felé közeledik, amikor kisebb a klorofill tartalom, gyengül az elnyelés és a közeli infravörös visszaverés aránya a látható tartományban történő visszaveréshez képest csökken.

A tenyészidőszak során őszi búzára, kukoricára és napraforgóra az ország négy különböző térségére (Kisalföld, a Dunántúl délkeleti fele, a Duna-Tisza közének északi fele és az Alföld délkeleti felére) 8-8 véletlenszerűen kiválasztott táblára állítjuk elő az NDVI index átlagos adatait a Sentinel-2 műholdak mérései alapján. Mivel a műholdak egy pont fölött átlagosan öt naponként haladnak el és csak felhőtlen időben látják a felszínt, a mérési adatok rendelkezésre állása meglehetősen bizonytalan, időnként egy egész hónap is kimaradhat használható adat nélkül.

Az index növény-specifikus éves meneteit az ország különböző termőterületeire naprakészen állítjuk elő a tenyészidőszak során. Az aktuális év mellett egy gyenge és egy jó termésű évet is megjelenítünk az ábrákon, ami a várható termés mennyiségének becsléséhez jelent segítséget (4-6. ábra). Ezek az információk a szöveges elemzéseinkben jelennek meg.

Összefoglalás

A HungaroMet nyilvános weboldalán megjelenő két új agrometeorológiai produktum 2024-ben került operatív gyakorlatba. A levélnedvesség-tartam becslésére a HungaroMet-nél rendelkezésre álló adatok alapján készítettünk algoritmust és python nyelven írt kódot, a számítás naponta egyszer készül, a honlapon megjelenő térképeket pedig a HAWK munkaállomással állítjuk elő. Kórokozós-specifikus növényvédelmi előrejelzés operatív kidolgozásához további fejlesztések szükségesek. Az NDVI éves meneteiket a termésbecslésben lehet hasznosítani, a 2024-es évben a kukorica termésátlagára jó becslést adott. Gépi tanulóssal működő korai termésbecslő eljárás fejlesztésén jelenleg dolgozunk.

Irodalomjegyzék

- Batzer, J. C., Gleason M. L., Taylor, S. E., Koehler, K. J., Monteiro J., 2008: Spatial Heterogeneity of Leaf Wetness Duration in Apple Trees and Its Influence on Performance of a Warning System for Sooty Blotch and Flyspeck, *Plant Disease* 92, 164-170
- Klemm, O., Milford, C., Sutton, M. A., Spindler, G. and van Putten, E., 2002: A climatology of leaf surface wetness, *Theoretical and Applied Climatology* 71, 107-117
- Mező G., Novák J., Kakas I., 1989: Almaállományban növényvédelmi szempontból végzett meteorológiai mérések értékelése, Országos Meteorológiai Szolgálat, Beszámoló az 1989-ben végzett kutatásokról, 194-202
- Park, J., Shin, J., Kim, K. R., Ha, J., 2019: Leaf Wetness Duration Models Using Advanced Machine Learning Algorithms: Application to Farms in Gyeonggi Province, South Korea, *Water* 11, 1878
- Rowlandson, T., Gleason, M., Sentelhas, P., Gillespie, T., Thomas, C., Hornbuckle, B., 2015: Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management, *Plant Disease* 99, 310-319
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., Monteiro, J.E.B.A., Rowlandson, T., 2004: Estimating leaf wetness duration on a cotton crop from meteorological data, *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 2, 235-245
- Sentelhas, P.C.; Gillespie, T.J.; Santos, E.A., 2007: Leaf wetness duration measurement: Comparison of cylindrical and flat plate sensors under different field conditions. *Int. J. Biometeorol.* 51, 265–273.

Internetes hivatkozás

- [1] https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2420&hir=A_novenyzet_muholdas_megfigyelese_%E2%80%93vegetacios_indexek

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

Elment a meteorológusok doyenje



A magyar meteorológia helyzetét a huszadik század második felében alapvetően meghatározta az a tény, hogy az Eötvös Loránd Tudományegyetemen 1954 és 1957 között négy meteorológus évfolyam végzett. A végzett hallgatók száma, az akkori káderpolitikának köszönhetően, feltehetően nagyobb volt, mint a szükséglet. A meteorológusok száma, a lakossághoz viszonyítva, Magyarországot a világ élvonalába emelte. Ez elvileg hatalmas lehetőség volt arra, hogy a szükséges operatív munka elvégzése mellett, az akkori Meteorológiai Intézetben korszerű kutatások induljanak. Így néhány fiatal, megfelelő elképzelésekkel és akaraterővel rendelkező szakember körül egyre növekvő számú kutatócsoport, majd osztály alakult ki.

Antal Emánuel (a továbbiakban Emán, ahogy mindenki szólította) ezek közé a kollégák közé tartozott. Meg volt róla győződve, helyesen, hogy a meteorológiai kutatások és szolgáltatások jelentősen elősegítik a mezőgazdasági termelés hatékonyságát. Egyebek

között úgy gondolta, hogy olyan csapadékvízzel nem túl bőségesen ellátott országban, mint Magyarország, az öntözés alapvető fontosságú. A víz, az öntözéshez szükséges berendezések azonban pénzbe kerülnek. Fontos ezért annak az optimális vízmennyiségnek a megválasztása, amely a kultúrnövények fejlődéséhez mindenképpen szükséges. Kemény munkával olyan mérőállomásokat hozott létre, amelyek meghatározták a különböző növények vízigényét. Ezekből az állomásokból esetekként olyan agrometeorológiai obszervatóriumok (Szarvas, Nyíregyháza) fejlődtek ki, amelyek a mezőgazdaság szakszerű műveléséhez szolgáltatottak komplex meteorológiai információkat.

Különösen fontos volt a nyíregyházai obszervatórium, amelynek munkája bekapcsolódott abba az ún. konzerv programba, amelyet a helyi konzervgyár irányított. Ennek az volt a célja, hogy az élelmiszeripar számára fontos növények termesztése minél jobban illeszkedjék adott év időjárási feltételeihez. A program jelentőségét jelzi, hogy Emán ez irányú tevékenységéért, másokkal együtt, Állami-díjban részesült.

Ne képzeljük azonban, hogy Emán az élettől elszakadt tudós volt. Szerette az élet örömeit, a társaságot. Vonzó egyénisége bizonyára hozzájárult ahhoz, hogy a kutatócsoportja egyre növekedett, egyre több fiatal győzött meg kutatásai fontosságáról. Az említett négy évfolyamból azok közé tartozott, akik iskolát teremtettek. Sajnos, hogy az utókor nem folytatja megfelelő mértékben az általa megkezdett munkát.

Viszonyom Emánnal érdekesen alakult. Szakmailag egészen más területen munkálkodtam. Ennek ellenére tiszteletben tartottuk egymás személyét és érdeklődési körét. Megértettük a másik elképzeléseit, nagyra tartottuk eredményeit. A sors úgy hozta, hogy évekig formálisan Emán főnöke voltam, majd elnökhelyettesként Ő lett a felettesem. Soha egy hangosabb szó sem hangzott el közöttünk, nyugdíjazásunkig nagyszerű kollégák maradtunk, ami munkahelyen a legfontosabb.

Kedves Emán! Meghatottan értesültem halálodról. Ha jól tudom, Te voltál a valamikori négy évfolyam legidősebb képviselője. Emlékedet őrzi a legfiatalabb, de már maga is kilencvenéves hallgatótársad:

Mészáros Ernő



100 éves a Magyar Meteorológiai Társaság – az ünnepi ülés összefoglalója

Lakatos Mónika

HungaroMet Nonprofit Zrt., lakatos.m@met.hu

2025. január 26-án a HungaroMet dísztermében emlékeztünk meg alapító elődeinkről és azokról az értékekről, amelyeket örököltünk, továbbviszünk, és amelyek mellé újakat is teremtünk.

Egy évszázaddal ezelőtt, 1925. január 25-én a Magyar Királyi Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet tanácstermében a társaság létrehozásának lelkes támogatói, segítőkész munkatársai és a tudomány képviselői megalakították a Magyar Meteorológiai Társaságot. Azon a jeles napon igazi téli idő volt hazánkban, egész napos fagygal, zúzmarával, helyenként hószállingózással. Az 1925. január 25-i Napijelentésből kiderül, hogy Európa időjárását anticiklon határozta meg, így a Kárpát-medencében hideg légpárnás idő uralkodott, hasonló ahhoz, amit a 2025. január 20-ai héten tapasztaltunk. Az ünnepség idejére viszont kora tavaszi idő köszöntött be. Egy nyugat-északnyugatra elhelyezkedő ciklonnak az előoldali áramlási rendszerébe került hazánk, és a feltámadó délnyugati széllel melegebb légtömegek érkeztek térségünkbe, melynek köszönhetően január 26-án Főnyeden 17,3 Celsius fokkal megdőlt az országos napi, Budapest Pestszentlőrincen pedig 15,5 Celsius fokkal a fővárosi napi maximum hőmérsékleti rekord is. A Társaság száz éve alatt az éghajlat megváltozott annak jeleit tapasztaljuk nap, mint nap és a rekorddölések is erre figyelmeztetnek.

Elsőként Raisz Anikó az Energiaügyi Minisztérium környezetügyért felelős államtitkára köszöntötte az ünneplő közönséget. Megemlékezett arról, hogy száz évvel ezelőtt a tudományos ismeretterjesztés elő-

mozdítása hívta életre a Magyar Meteorológiai Társaságot. Azóta a meteorológia óriási fejlődésen ment keresztül, a kézi megfigyelésektől a műholdas technológiáig és a klímaváltozás kutatásáig. Ebben a fejlődésben a Társaság, annak szakosztályai és területi csoportjai kulcsszerepet játszottak az új tudományos eredmények terjesztésével. Az EMS (European Meteorological Society) révén pedig a nemzetközi együttműködés is erősödött. Hálával tartozunk az alapítóknak és mindazoknak, akik e területen dolgoztak és dolgoznak, és bizakodással tekintünk a jövőbe, számítva arra, hogy az MMT tovább erősíti vezető szerepét a tudományos ismeretek terjesztésében és a szakmai közösség építésében.

A HungaroMet részéről Szanka Gábor Gyula vezérigazgató emlékeztetett arra köszöntőjében, hogy a HungaroMet és jogelődjei az MMT-vel karöltve együttműködtek és ma is együttműködnek a meteorológia tudományos ismeretterjesztésében. Az alapítók célja az „Időjárás” folyóirat megmentése volt, ugyanis az első világháború elvesztése és a trianoni békediktátum súlyos válságot idézett elő az országban. Az elsődleges célt sikerre vitték az alapítók, ugyanis 1879 óta jelenik meg a nagymúltú folyóirat. Az elmúlt napokban a kora tavaszi időben sorra dőltek a rekordok. A változó környezeti és társadalmi viszonyok miatt egyre nagyobb jelentőséget kapnak a megfigyelések



Életrkép a 100 éves jubileumi ünnepségről.

és az előrejelzések, mind közép-, mind hosszú távon. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás szükségessége tovább növelte az MMT és a HungaroMet együttműködésének értékét, valamint a kapcsolattépítés fontosságát más tudományterületekkel is.

Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) negyedszázados volt 2024-ben, Liz Bentley, az EMS főtitkára ezt emelte ki előadásában. Egy látványos videóval kezdte prezentációját, amivel az EMS konferenciák helyszíneire repülhettünk. Az ECAC/ECAM konferenciák kétéves ciklusban váltották egymást. Budapest 2001-ben adott otthont ECAM konferenciának, majd 2018-ban Budapest volt a helyszíne a már közös EMS éves konferenciának. Az EMS fennállásának 25 éve alatt az EMS konferencián résztvevők száma folyamatosan növekedett. A COVID világjárvány idején az éves találkozó elmaradt, 2021-ben pedig teljesen virtuális formában rendezték meg. Azóta hibrid eseményként kerül megrendezésre, lehetőséget biztosítva a szélesebb körű részvételre.

Liz Bentley emlékeztetett arra, hogy az EMS célja, hogy egy erős európai meteorológiai hálózatként működjön a társadalom szolgálatában, a közösség széleskörű szakértelmére támaszkodva. Elősegíti az európai szintű együttműködést, és támogatja a nemzeti tagszervezetek munkáját. A tagtársaságok száma 24-ről 38-ra emelkedett, amely összesen mintegy 10 000 tagot jelent – köztük kutatókat, egyetemi oktatókat, hallgatókat, operatív meteorológusokat, valamint amatőr érdeklődőket. Az egyes tagtársaságok összetétele eltérő lehet, attól függően, hogy melyik csoport képviselteti magát nagyobb arányban. Emellett jelenleg 30 társult tag is támogatja az EMS munkáját, köztük például az ECMWF és különböző nemzeti meteorológiai szolgálatok, így a HungaroMet is. Kiemelt jelentőségűek az EMS által alapított díjak és elismerések – számos magyar díjazott is van. Az EMS 25. évfordulójához kapcsolódóan indult el a Journal of the European

Meteorological Society (JEMS), valamint rendszeresen szerveznek webináriumokat, amelyekről felvételek is készülnek, ezeket ajánlotta utólagos megtekintésre is. A következő 15 évre az EMS célul tűzte ki a „net zero” kibocsátás elérését. Nem csupán beszélni szeretnének a fenntarthatóságról, hanem konkrét lépéseket is tenni ennek érdekében. Ez az elkötelezettség része az EMS stratégiának. A Sustainable Meetings Policy (Fenntartható Rendezvénypolitika) már 2015 óta létezik, és jó kiindulópontot jelenthet minden európai meteorológiai társaság számára egy közös célkitűzés megfogalmazásához.

Lakatos Mónika, az MMT elnöke ünnepi előadásban a Társaság száz éve őrzött értékeiről és a Társaság jelenkori vívmányairól beszélt. Talán kevesen tudják, hogy a Társaság megalapításának gondolata már 1844-ben megszületett Mészáros Lázár honvédelmi minisztertől, de hivatalosan csak 1925. január 25-én alakult meg, elsődleges célként az Időjárás folyóirat megmentésével. Az alapítók: Róna Zsigmond elnök és Réthly Antal főtitkár olyan szervezetet hoztak létre, amely a meteorológia tudományának művelését, népszerűsítését és az ismeretterjesztést tekintette legfontosabb feladatának. Ez a cél napjainkban is változatlanul érvényben van. Jelenleg nyolc szakosztályban és öt területi csoportban folyik a szakmai munka, az előadói ülések és konferenciák szervezése. Az első vándorgyűlést 1955-ben rendezték meg Szegeden, amelynek központi témája „Az Alföld mezőgazdaságának problémái” volt, míg a legutóbbinak, 2024-ben Debrecen adott otthont, ennek középpontjában a megújuló energia meteorológiai támogatása témakör állt.

A Magyar Meteorológiai Társaság 8 díjat alapított az elmúlt évtizedek során, amelyek célja a kiemelkedő szakmai teljesítmények, tudományos eredmények és fiatal tehetségek munkájának elismerése. Társaságunk 2014 novemberében további kilenc földtudományi szakmai szervezettel együtt megalakította a Földtudományi Civil Szervezetek Közösségét (FÖCIK). Nemzetközi szinten is aktív, tagja az Európai Meteorológiai Társaságnak (EMS), több tagunk is részesült EMS elismerésben.



Életrkép a 100 éves jubileumi ünnepségről.

Az MMT kiemelt figyelmet fordít jelenleg az ifjúság megszólítására. Ennek keretében olyan programokat szervez, mint a kocsmakvíz, túrák, ismeretterjesztő videók közzététele és vetélkedők szervezése. A Léggör című folyóirat megújult, hogy korszerű formában szolgálja a tudományos kommunikációt.

A 100 éves jubileum alkalmából 2025-ben számos különleges program valósul meg. 2025. május 1–4. között 100 km-es gyalogtúrát szerveztek a HungaroMet–Ógyalla útvonalon, amit a Szlovák Meteorológiai Társasággal közös program zárt. A résztvevők a Csillagászati, valamint a Meteorológiai Observatóriumot is meglátogatták. A jubileumi évhez kapcsolódva megrendezik a MeteoChallenge vetélkedőt is középiskolások számára, az MMT100–HungaroMet155–ELTEMetTSz80 közös évfordulók jegyében.

Lakatos Mónika idézte, hogy az MMT megalakulásáról írt Időjárás-cikkét Réthly Antal így zárta: „Az Időjárást máris megmentettnek tekintjük, minden erőnket megfeszítjük, hogy azt meg is erősítsük és megmutassuk, hogy nemcsak szóval, hanem tettekkel óhajtjuk a hazai kultúra ügyét szolgálni.” A Társaság küldetése ma is ez, ezen a közös ügyön dolgozunk.

Az összefoglaló előadás tiszteletadás volt Társaság gazdag múltja előtt. A szervezet múltjára, hagyományaira építve egy nyitott, fiatalokat is megszólító, hiteles és aktív közösségként tekint a jövőbe. A Társaság ezúton is köszönetet mond a támogatóknak.

A köszöntőket és az ünnepi előadásokat pódiumbeszélgetések követték először magyar résztvevőkkel, majd a meghívott külföldi vendégeinkkel angol nyelven. Az első kerekasztalt Kocsis Zsófia, tudományos titkárunk moderálta, a résztvevők pedig Tóth Boglárka, Breuer Hajnalka, Lakatos Mónika, Haszpra László és Gál Tamás voltak.

A magyar panel tagjai a résztvevők személyes tapasztalataik és jövőbe mutató gondolataik mentén keresték a válaszokat három központi kérdésre: mit jelent számukra a Társaság, milyen kihívásokkal és lehetőségekkel kell szembenézni a közeljövőben, és milyen javaslatokat fogalmazznak meg a következő évekre. A beszélgetésben különböző generációkat és szemléletmódokat képviselő szakemberek vettek részt: a tudományos kutatástól az oktatáson át a fiatalabb generációk képviselőitől számos nézőpont megjelent. A beszélgetés során többen is hangsúlyozták, hogy a Társaság számukra nemcsak egy szakmai fórum, hanem egy inspiráló közösség is, amely összeköti a különböző generációkat, szakterületeket és érdeklődési köröket. Az MMT rendezvényei lehetőséget teremtenek a tudományos előadások, viták és emlé-



Életrkép a 100 éves jubileumi ünnepségről.

kezések mellett a személyes kapcsolatok ápolására is. Külön megemlítették a fiatalok számára kiírt pályázatok és díjak fontosságát, amelyek támogatják a szakmai fejlődést és elismerik a teljesítményt.

A legfontosabb kihívások között szóba került a digitális tér gyors növekedése, amelynek köszönhetően számos laikus forrás, estenként álhír terjed meteorológiai tartalmakkal, gyakran szakmai alap nélkül. Ebben az információs zajban nehéz elérni a hiteles szakmai üzeneteket. Többen felvetették, hogy szükség lenne egy olyan online fórumra vagy platformra, ahol a tanárok, diákok és érdeklődők hiteles válaszokat kaphatnak meteorológiai kérdésekre. Ez hozzájárulna a Társaság az oktatás támogatásához, a tudomány népszerűsítéséhez, és a szakma társadalmi megbecsülésének növeléséhez is.

A jövőt illetően elhangzott, hogy szükség van olyan ifjúsági programokra, amelyek kifejezetten a pályakezdők megszólítását célozzák, például szimpóziumok vagy tematikus estek formájában. Szintén fontos feladat a magánmeteorológia és az amatőr közösségek bevonása, valamint a közösségi médiában való jelenlét erősítése. E tekintetben felmerült a TikTok vagy a YouTube tudományos célú alkalmazása is. A fenntartható működésre vonatkozóan a rendezvények zöldítése egy célkitűzés lehet. A hibrid részvételi lehetőségek kiterjesztése, valamint az új technikai megoldások integrálása még jobban felpezsdítheti a Társaság életét. Ugyanakkor többen figyelmeztettek arra is, hogy az online részvétel nem helyettesíti teljesen a személyes jelenlét közösségformáló erejét.

A beszélgetés végkövetkeztetése szerint a Társaság akkor maradhat erős és élettelis, ha megőrzi hagyományait, miközben aktívan reagál a változó társadalmi és technológiai környezet kihívásaira, mindezt világos stratégiával teszi. Ehhez elkötelezett tagságra és támogatókra van szükség. Alapvető fontosságú, hogy nyitni kell az ifjúság irányába.

Az angol nyelven zajló kerekasztal résztvevői Liz Bentley (EMS elnöke és RMetS főtítkára), Paulina Valova (Szlovák Meteorológiai Társaság elnöke), Pavol

Nejedlik (Szlovák Tudományos Akadémia Földtudományi Osztályának vezetője, társaságunk külföldi tiszteleti tagja) és Zbigniew Ustrnul (IMGW, Jagelló Egyetem, Krakkó, társaságunk külföldi tiszteleti tagja) voltak. A beszélgetést Breuer Hajnalka, főtítkárunk moderálta.

A külföldi meteorológiai társaságok képviselői változatos tapasztalatokat osztottak meg arról, miért csatlakoznak tagok a társaságokhoz, és hogyan változott a tagság az évek során. Csehszlovákiában a meteorológiai társaság az 1950-es évek végén alakult meg, jóval később, mint Magyarországon. 1959-ben rendezték az első MMT-vel közös konferenciát, a „Kárpátok meteorológiája” címmel, amelyet rendszeres, kétévenkénti magyar–csehszlovák találkozók követtek 1993-ig. A tagság száma időről időre változott, az érdeklődést leginkább az aktuális tudományos témák, például a klímaváltozás befolyásolták. Szlovákiában a társaság 1993-ban jött létre az ország függetlenedését követően. Körülbelül 70 tagot számlál, akik a meteorológia, klimatológia, levegőtisztaság és hidrológia területén dolgoznak. A tagok jelentős része 50 év feletti, így a társaság jelenleg legfontosabb célja a fiatalítás, a következő generációk bevonása. Az Egyesült Királyság Meteorológiai Társaságában (RMetS) a tagok egy összetartó szakmai közösség tagjaiként tekintenek magukra. A társaság évente mintegy 60 eseményt szervez, nyolc szakmai folyóiratot jelentet meg, melyek publikálási lehetőséget biztosítanak és bevételt is termelnek. Emellett meteorológiai akkreditációs szolgáltatást nyújtanak, tananyagokat és forrásokat készítenek tanároknak, oktatási tréningeket tartanak. Emellett fontosnak tartják a lakosság tájékoztatását is, különösen az éghajlatváltozással kapcsolatban. Lengyelországban a meteorológiai és hidrológiai társaságot 1947-ben alapították, majd később Lengyel Geofizikai Társasággá alakult. Zbigniew Ustrnul hozzászólásában megragadta az alkalmat és tolmácsolta a Lengyel Geofizikai Társaság elnöke: Rajmund Przybylak, az MMT 100 éves alapítására küldött levelében álló jókívánságokat. Majd folytatta, hogy bár Lengyelország nagyobb, a taglétszám körülbelül megegyezik a Magyar Meteorológiai Társaságéval. Az utóbbi időszakban csökkenés tapasztalható, különösen a fiatalok körében, akik számára kevésbé vonzó tudományos társasági taggá válni. A társaság fő tevékenységei közé tartozik a konferenciák és kurzusok szervezése, illetve együttműködés a tudományos akadémiaival, ugyanakkor fontos célkitűzésük, hogy a fiatalabb generációkat aktívabban bevonják a társasági munkába.

Külföldi vendégeink egyetértettek abban, hogy a jövő kulcskérdése a fiatal generációk bevonása, a modern kommunikációs eszközök használata, vala-

mint a tudományos hitelesség megőrzése. Paulina Valova szerint Szlovákiában kevés az önkéntesen feladatot vállaló tag, ezért a fiatalokat igyekeznek bevonni és lehetőséget adni számukra a társaság aktív működésében. A COVID-időszakban az online térbe kényszerültek, de a jövőben szeretnének visszatérni a személyes találkozókhoz. Zbigniew Ustrnul a lengyel tapasztalatokat osztotta meg, kiemelve, hogy célzott workshopokkal lehetne jobban megszólítani a fiatalokat. Az online formátum előnye az elérhetőség, ugyanakkor nehezebbé teszi az aktív részvételt – ezért fontos a megfelelő egyensúly megtalálása. Liz Bentley szerint a közösségi média és az áhírek terjedése új kihívást jelent. Az RMetS alternatív megjelenési platformokat (pl. BlueSky) keres, és külön eseményeket szervez egyetemistáknak, pályakezdőknek és munkáltatóknak, például poszterkonferenciák és pályaeorientációs találkozók formájában. Fontosnak tartja, hogy a társaságok megértésük, mire van szükségük a fiataloknak. Pavol Nejedlik hangsúlyozta a nyitottságot más tudományterületek felé, mivel például a klímaváltozás nemcsak klimatológiai, hanem interdiszciplináris kérdés. Sikeres nemzetközi példák, mint például az ózonréteg védelme, biztatók, de a jövő feladatai már a fiatal szakemberekre várnak.

Az ünnepi közgyűlést a HungaroMet kórusa még emelkedettebbé varázsolta. A zenei összeállítás első darabjaként Thomas Morley reneszánsz madrigálja, a Now is the Month of Maying csendült fel, mely a tavasz örömeit, a természet ébredését és a szerelem játékoságát idézte meg. Ezt követően Nacio Herb Brown örökzöld slágere, a Singing in the Rain hangzott el. Ezt a darabot kifejezetten erre az ünnepségre tanulta meg a kórus, köszönet ezért. A műsor zárásaként Karl Jenkins kortárs zeneszerző darabja, az Adiemus következett, ami méltó befejezése volt az ünnepi közgyűlésnek. Az állófogadás szép lezárása volt a kellemes hangulatú délelőttnek.

Erre az alkalomra elkészült a 100 éves jubileumi kiadványunk, melynek címe: 100 éves a Magyar Meteorológiai Társaság. A kötet a korábbi, nevezetes évfordulókra készült írásokkal együtt képet ad a meteorológia tudományának hazai fejlődéséről és a Társaság szerepéről ebben. A könyvben megjelent anyagok rávilágítanak elődeink elkötelezettségére és a meteorológia iránt érzett elhivatottságára, ami példaként áll előttünk. Az érdeklődők számára rendelkezésre állnak még nyomtatott példányok.

A januári ünnepség a centenáriumi év nyitó eseménye volt. Több ünnepi programot is szervezünk 2025-ben, melyre szeretettel várjuk tagjainkat és a meteorológiai iránt érdeklődőket.



Meteorológiai Világnap a HungaroMetnél

Szabó Dorottya

HungaroMet Nonprofit Zrt., szabo.d@met.hu

A 75 éves fennállását ünneplő Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a nemzetközi meteorológus közösség minden évben megemlékezik arról a napról, amikor 1950. március 23-án életbe lépett a WMO Egyezmény. A 2025-ös Meteorológiai Világnap mottója: „Veszélyjelzés időben mindenkinek – együtt áthidaljuk a hiányosságokat”. Ennek jegyében tartották meg az ünnepi rendezvényt 2025. március 25-én a HungaroMet Nonprofit Zrt. dísztermében. A világnapi eseményen a WMO alapításának 75. évfordulójáról, valamint Réthly Antal halálának 50. évfordulójáról is megemlékeztek.

Dr. Raisz Anikó köszöntőbeszédében hangsúlyozta, hogy közösen ünnepeljük a WMO fennállásának 75. évét, miközben Réthly Antal, az egykori Országos Magyar Királyi Meteorológia és Földmágnassági Intézet igazgatója előtt is tisztelgünk halálának 50. évfordulója alkalmából. Kiemelte Réthly szerepét a törökországi meteorológiai infrastruktúra kiépítésében, amely szorosan kapcsolódik a 2025-ös tudományos és innovációs évad programjaihoz. Az államtitkár asszony rámutatott arra is, hogy a meteorológia tudománya az elmúlt évszázad során hatalmas átalakuláson ment keresztül: az egyszerű megfigyelésektől eljutottunk a műholdas rendszerekig, szuperszámítógépes modellezésig és a klímaváltozással kapcsolatos kutatásokig. A tudományág fontossága napjainkban egyre növekszik a gazdaságot és egészségügyet érintő időjárási szélsőségek miatt is.

Külön kitért a mesterséges intelligenciával támogatott drónmeteorológia jelentőségére, amely új lehetőségeket nyit az adatgyűjtés és feldolgozás területén. E fejlesztések nemcsak a mezőgazdaság és közlekedés, hanem a megújuló energiaforrások, különösen a nap- és szélenergiák támogatásában is kulcsszerepet játszanak. A HungaroMet Zrt. aktívan közreműködik ezen rendszerek előmozdításában. Fontos feladatot lát

el a lakosságot szolgáló figyelmeztető rendszer működtetésével is, amely a honlapjukon keresztül nyújt naprakész információkat a veszélyes időjárási helyzetekről.

Raisz Anikó hozzátette: 2024 júliusától a HungaroMet Nonprofit Zrt. látja el az Országos Légszennyezettségmérő Hálózat (OLM) szakmai irányítását, amit korábban a kormányhivatalok végeztek. A rendszer fejlesztésének részeként új pormonitorokat telepítenek, hogy a levegőtisztasági adatok kisebb településeken is elérhetővé váljanak, különösen a fűtési szezonban. Végezetül megköszönte a HungaroMet Zrt. vezetésének és munkatársainak az éves színvonalas szakmai munkát.

Dr. Hoppál Péter kormánybiztos beszédében visszatekintett a magyar–török kapcsolatok alakulására, megemlítve, hogy bár ezek korábban nem voltak zökkenőmentesek, 1923. december 18-án hivatalosan is felvették a diplomáciai kapcsolatokat. A 2024-es kulturális évad sikeres programsorozata után – amely 17 városban 160 eseményt és 1,5 millió látogatót jelentett – 2025-ben a tudományos és innovációs együttműködés kerül a fókuszba. Cél, hogy a meteorológiával foglalkozó magyar és török intézmények között hosszú távú, szoros együttműködés alakuljon ki.

A rendezvény Réthly Antal öröksége előtt is tisztelt, aki nemcsak meteorológusként, hanem földrajztudósként, szeizmológusként és geofizikusként is jelentős tudományos munkát végzett, különösen a Török Köztársaság modernizációjában játszott szerepe révén. A 2025-ös tematikus év során külön figyelmet fordítanak életművére, miközben újabb együttműködési lehetőségek nyílnak meg a magyar és török tudományos szféra között.

A török nagykövet, Gülşen Karanis Ekşioğlu beszédében hangsúlyozta, hogy a meteorológia jelentősége a klímaváltozás következtében egyre nő, és valódi eredmények csak nemzetközi összefogással érhetők el. Ezt jól példázza a már az 1920-as évek elején elindult török–magyar szakmai együttműködés, melynek keretében Réthly Antal két évet dolgozott Törökországban, és 1926-ban a török főváros egyik mérőállomása magyar műszerekkel gazdagodott. A nagykövet örömmel fogadta, hogy az idei világnapi esemény is hozzájárul a két ország közötti kapcsolatok további erősítéséhez.

A köszöntők után Szanka Gábor Gyula hivatalosan is megnyitotta az ünnepséget. Ezt követően a résztvevők két rövidfilmet tekinthettek meg, amelyek a Világnap témájához kapcsolódtak. Pátkai Zsolt időjárás-előrejelző szakmai előadásában ismertette a veszélyjelzések jelentőségét. A hagyományoknak megfelelően az eseményen adták át a Schenzl Guidó-díjakat, a Pro Meteorologia Emlékplaketteket, a Miniszteri Elismerő Okleveleket, valamint az Innováció a Meteorológiáért Díjat és az Év MET-ÉSZ észlelője elismerést. A kiváló társadalmi észlelők munkáját is külön köszöntötték.

Schenzl Guidó-díj

Ihász István meteorológus

Tudományos titkári szerepet töltött be a Magyar Meteorológiai Társaságban 2022-től 2023-ig. Odaadón felügyelte a díjbizottságok munkáját. Ő kezdeményezte az Ifjú Meteorológus Fejlesztő díj létrehozását. Kitaróan dolgozott azon, hogy a Társaság weboldalán megtalálható életrajzok hiánytalanok legyenek. Nagyon segítőkész, alapos, tudását szívesen megosztja. A négy évtizedes, a meteorológia szolgálatában végzett kutató-fejlesztő munkája, és sikeres, oktatói-témavezetői tevékenysége, a hazai numerikus prognosztika fejlesztésében elért eredményei, aktív publikációs tevékenysége, valamint a hazai tudományos közéletben való részvétele elismeréseként kapja a díjat.

Tölgyesi László meteorológus, programozó-matematikus Rendkívüli tapasztalat, szorgalmas és lelkiismeretes munka, szerény alkat jellemzi. Egész életében hűségesen kitartott szakmája, hivatása és a Meteorológiai

Szolgálat mellett. Vezető munkatársként mindig bölcsen és empátikusan megtalálta a hangot a felelőssége alá tartozó dolgozókkal. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál agrometeorológusként kezdett dolgozni, ahol a talajnedvességgel foglalkozott és kidolgozott egy új számítógépes programot a talajnedvesség állapotának diagnosztizálására és előrejelzésére. Informatikai területen is jelentős szerepet vállalt, hiszen ő alakította ki az OMSZ informatikai rendszerét és vezette a digitális átállást az 1990-es évektől kezdve. Munkájával hozzájárult az OMSZ helyi hálózatainak, távközlési, infokommunikációs rendszerének, valamint a szuperszámítógépek beüzemeléséhez.

Pro Meteorologia Emlékplakett

Gregori Viktor

Munkája során évtizedek óta együttműködik a meteorológia számos területének képviselőjével különböző webalapú fejlesztések témájában – a legegyszerűbb webszerkesztési feladatoktól kezdve, az összetett felhasználói honlapok kialakításáig. Szilárd és folyamatosan fejlődő szakmai tudásának, elhivatottságának, a szakemberekkel való kiegyensúlyozott, korrekt és készséges kapcsolatának köszönhetően sok olyan fejlesztés jött létre, mely a szakmai eredményeket és produktumokat kiemelkedő színvonalon közvetíti a szakemberek, a felhasználók és a nagyközönség felé.

Papp Gabriella

A HungaroMet Zrt., és jogelődje, az OMSZ meteorológia és a szakmai közösségének fejlődése érdekében több éve teljesít kimagaslóan. Átfogó ismeretekkel rendelkezik a HungaroMet feladatairól, szolgáltatásairól, mind a szakmai, mind az operatív területeken. Kiemelkedő érzékkel és precizitással végzi az ügyfelekkel való kapcsolattartást, folyamatosan biztosítva a magas színvonalú kommunikációt és az igények pontos kielégítését. Stratégiai gondolkodása révén aktívan részt vesz a hosszú távú célkitűzések megalkotásában, ahol meghatározó szerepet tölt be az irányok kijelölésében. Elkötelezettsége példaértékű, és nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a HungaroMet működése mind szakmai, mind ügyféloldali szempontból sikeres legyen.

Steib Roland

Több, mint 20 éve támogatja a meteorológiai szolgálat tevékenységét kiemelkedő szakmai munkájával, elhivatottságával. Pályája kezdetén levegőkörnyezeti modellezéssel foglalkozott, majd érdeklődése fókuszába a távérzékelés, elsősorban a radarmeteorológia került, melynek szakmai képviselőjét nemzetközi szinten is ellátta. A Távérzékelési Osztály munkatársaként aktívan

részt vett az országos radarhálózat fejlesztésében, modernizációjában. A 2021-ben átadott Hármashegy radar toronyfelújítását és teljes radarberuházást már osztályvezetőként koordinálta. Meghatározó szerepet vállalt a léginnavigációs mérnöki szakszemélyzetképzés lebonyolításában, ATSEP oktatói képesítéssel is rendelkezik. 2024 januárjától a HungaroMet Zrt. teljes technológiai szakterületének szakmai vezetője.

Dr. Tuba Zoltán alezredes

Az elmúlt több mint 20 évben fáradhatatlanul képviselte a meteorológiát különböző beosztásokban, és mára a szakterület vezetőjévé vált. Célja a Magyar Honvédség fegyver- és haderőneveinek meteorológiai támogatásának korszerűsítése, az egyre bővülő felhasználói igények magas szintű kiszolgálása. PhD tudományos fokozatát a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen szerezte „Analógiás elven alapuló korszerű látástávolság előrejelző eljárások kidolgozása és értékelése a katonai repülés meteorológiai támogatásához” címmel, summa cum laude minősítéssel. Tudományos munkásságát azóta is aktívan folytatja, kutatási eredményeit a Magyar Honvédség operatív munkafolyamatainak szolgálatába állítva.

Miniszteri Elismerő Oklevél

Allaga-Zsebeházi Gabriella

Munkáját töretlen szakmai kíváncsisággal, a részletekre kiterjedő alaposítással és végtelen kitartással végzi. 2017-től 2023-ig koordinálta a klímamodellező csoport tevékenységét. Ennek keretében nemcsak a regionális és városi éghajlati modellezéssel kapcsolatos feladatokat szervezte meg, de számos fiatal kollégát tanított be feladataira, mentorálva őket. A szervezett egyetemi oktatásban is szerepet vállal. Érdeklődése, elhivatottsága, szorgalma és szerénysége példaértékű.

Csik András

2010 óta látja el az Országos Vízjelző Szolgálat irányítását. Munkássága során jelentős előrelépés történt a vízjárás-előrejelzés területén. Több, a hatékony előrejelzést elősegítő fejlesztés fűződik a nevéhez. Részt vett 2006-ban a Dunán és a Tiszán, valamint a 2013. évi, a Dunán végigvonuló árvíz elleni védekezésekben. A vezetői tevékenysége mellett nagy hangsúlyt fektetett a nemzetközi együttműködések keretében végzett kutatási és fejlesztési munkákra is. Mindemellett mindig is szívügyének tartotta a szakmai utánpótlás támogatását, ennek keretében időről időre egyetemi előadásokat tart hazai egyetemeken, valamint a Tudományos Diákköri Versenyen bíráló bizottsági tagként segíti a diákokat.

Csonka Tamás

Nagy tapasztalattal, szorgalmas és lelkiismeretes munkájával jelentősen hozzájárul az Országos Veszélyjelző Rendszer működtetéséhez, a Jégkarmérséklő Rendszer meteorológiai kiszolgálásához, valamint a Tavi Viharjelzés működtetéséhez. Hosszú évek óta magas szakmai színvonalon tolmácsolja a meteorológiai információkat, előrejelzéseket az egyik országos televízió csatornán. Az elmúlt két évtizedben operatív szolgálatban állóként a meteorológiai veszélyjelzésben nyújtott kiemelkedő munkájáért részesül elismerésben.

Jávorné Radnóczy Katalin

Munkájával nagyban hozzájárult ahhoz, hogy az AROME korlátos tartományú modell valószínűségi előrejelzéseinek fejlesztésében a nagyskálájú határfeltételekből eredő bizonytalanság mellett az előrejelzés kezdeti állapotának bizonytalansága is megjelenjen. Implementálta az első olyan utófeldolgozást, melynek segítségével statisztikai és gépi tanulási módszerek alkalmazásával javítjuk a nyers sugárzás és szél előrejelzéseket. Kidolgozta az utófeldolgozás, és a teljes korlátos tartományú ensemble előrejelzési rendszer, rendszeres verifikációját is. Folyamatosan fejleszti, gondozza azt.

Kovács György Gábor

Példamutatóan lelkiismeretesen végzi mindennapi munkáját. Kiemelkedően terhelhető, pontos és alapos a kalibrálások szervezésében, elvégzésében és dokumentálásában. Amennyiben a vizsgálólaboratóriumi tevékenységek megkövetelik, aktívan részt vesz a mintavételekben és mérésekben.

Krüzseli Iлона

Nevéhez fűződik a repülésmeteorológiai táviratok előállításához szükséges szoftver elkészítése, amiért 2018-ban Innováció a Meteorológiáért Díjban részesült. Tíz éve az ECMWF modell előrejelzések operatív fogadása és feldolgozása, valamint produktumainak gördülékeny elérhetősége a fő feladata, melyet lelkiismeretesen és maximális precizitással végez, valamint az ALADIN-AROME modellek operatív felügyeletében is részt vesz. A HungaroMet Zrt. informatikai alkalmazásainak fejlesztésében és egyes modell előrejelzések mindennapi operatív fogadásában, feldolgozásában, a produktumok gördülékeny elérhetőségének biztosításában nyújtott lelkiismeretes és odaadó munkájáért kapja a díjat.

Dr. Kúti Zsuzsanna

2018 óta elnöke a Magyar Meteorológiai Társaság Szombathelyi Csoportjának. Nagyfokú elkötelezettséggel irányítja, koordinálja a területi csoportot. Kimagasló elnöki tevékenységéért, magas színvonalú előadói és publikációs munkájáért, kitűnő szervezőképességéért, valamint a közép- és felsőoktatás területén agrometeo-

rológiai kutatások, a meteorológia népszerűsítése érdekében végzett kiváló munkájáért részesül kitüntetésben.

Pete Bálint

Kiemelkedő minőségben és precizitással végzi a háttérszennyezettség-mérő állomások üzemeltetését, beleértve az üzemeltetésen túlmutató egyéb tevékenységek koordinálását is. Az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) átvételével kapcsolatos többfeladatokban aktívan részt vesz, felügyeli az új munkatársak tevékenységét és közreműködik az egységes mérőhálózat-üzemeltetési gyakorlat kialakításában. Megbízható és lojális hozzáállása nélkülözhetetlen segítség volt az eredményes feladatátvétel megvalósításában.

Selmeczi János Pál

Nevéhez fűződik az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia értékelése, a második NÉS dokumentum és cselekvési stratégiai terv kidolgozása, a NATÉR rendszer kialakítása. A központot mindvégig magas színvonalon, a kollektívát összefogó módon és a szakmai előmeneteleket támogatva vezette és vezeti. Selmeczi János Pál az elmúlt másfél évtizedben végzett szakmai munkája az éghajlatváltozásról nemcsak hazai, hanem nemzetközi szinten is kiemelkedő. Példamutató munkássága előremutató és meghatározó.

Strell Lajos

Elhivatott szakmai pályája során 22 évig az Országos Meteorológiai Szolgálat hivatásos észlelőjeként dolgozott, majd a megfigyelő hálózat átalakítását követően vállalkozóként is aktív részese maradt a meteorológiai észlelői hálózatnak. Szakmailag az egyik legfelkészültebb, legmegbízhatóbb kolléga, akinek munkájára az archív éghajlati adatok digitalizálásában, az egyetemi hallgatók nyári gyakorlati képzésében, valamint a fiatal észlelők felkészítésében is folyamatosan lehet számítani.

Zaveczi-Hoffmann Lilla Orsolya

Nagy lelkesedéssel és odaadással kezeli a Társaság kommunikációs felületeit, tölti a weboldalt tartalmakkal, hírt ad az előadói ülésekről és egyéb társasági eseményekről. Koordinálja a közösségi platformokat, folyamatosan bővíti az aktuálisan rögzített videókkal. Fogékony új alkalmazások használatára, megvágja a felvételeket, igényes munka kerül ki a kezei közül. Rendkívül készséges és gyors, a hozzá intézett kéréseket szinte azonnal teljesíti. A Társaság titkárságának lelkes és elkötelezett tagja.

Innováció a meteorológiáért díj

Tóth Boglárka

2019-ben vette át a meteorológiai szolgálat időjárás előrejelzéseinek verifikációjának üzemeltetését.

Rendszeresen elkészíti és megosztja az operatíván alkalmazott modellek előrejelzéseinek kiértékelését. Fejlesztéseinek köszönhetően a verifikáció több összetett meteorológiai elemmel bővült, például a látástávolsággal és a hóvastagsággal. Tevékenysége nyomán a verifikáció az elmúlt években fontos információforrássá vált mind a modellfejlesztési, mind az előrejelzési szakterület számára.

Év MET-ÉSZ észlelője - 2025 cím

Kovács Krisztina

A Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság munkatársa 2020 óta végez észlelést és hagyományos csapadékmérést Agárdon, a Velencei-tó partján. Krisztina kitartóan végzi a főállású munkája mellett a MET-ÉSZ és METADAT adatküldést. Az év 365 napján számíthatunk reggeli jelentéseire. Mintegy 4000 leadott észlelés mellett rendszeresen tölt fel képeket a Velencei-tóról. A Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság agárdi telephelyén ő a meteorológiai mérések felelőse, párolgásmérést, napfénytartam mérést is végez. Az észlelő munkában nincs ünnep, nincs hétvége, nincs hideg, nincs vihar, nincs hőség: a műszerek folyamatos leolvasást, odafigyelést igényelnek. Így születnek pontos, megbízható adatok, melyekre a jövő kutatói is bátran támaszkodhatnak.

Kitüntetett társadalmi csapadékmérők, észlelők

Kránicz József

A Kránicz család 55 éve végzi lelkesen, kitartóan a méréseket Budapest Budafok Kereszt-hegyen. A HungaroMet Nonprofit Zrt. köszönetét fejezi ki a lelkes, kitartó munkájukért.

Iványi István

Társaságunk köszönetét fejezi ki a Szentlőrinc Tortyogón 60 éve végzett magas színvonalú csapadékmérési munkáért, melyet 1965-től a telep munkatársaival közösen, 2010-től egyedül végez.

Osvárh Lászlóné

Társaságunk köszönetét fejezi ki a 48 éve Szőlőszárdon végzett példaértékű munkájáért; évek óta napi adatküldő.

Paulovics Jánosné

Társaságunk köszönetét fejezi ki a Hidegkúton 44 éve óta végzett precíz, elkötelezett munkájáért.

Pirókné Gyarmati Edit

Társaságunk köszönetét fejezi ki a Kétpón, férjével együtt 44 éve óta végzett megbízható észlelésért, napi adatküldésért.



Török delegáció látogatott a HungaroMet székházába

Lábó-Szapannos Eszter, Dobi Ildikó

HungaroMet Nonprofit Zrt, labo.e@methu

A Magyar Meteorológiai Társaság 2025-ben ünnepli megalakulásának 100-ik, a HungaroMet pedig elődjének, az Országos Meteorológiai Szolgálat fennállásának 155. évfordulóját, így közös megemlékezést tartottak a mindkét szervezet életében kiemelkedő szerepet betöltő Prof. Dr. Réthly Antal halálának 50-dik évfordulójáról.

Réthly professzor hosszú élete során számos, máig ható értéket hozott létre. Nevéhez fűződik a Magyar Meteorológiai Társaság (MMT, 1925) megalapítása. Ő lett a civil szervezet első elnöke. Posztjáról átmenetileg hamar le kellett mondania, ugyanis a Magyar Kormány megbízásából 1925 októberétől 1927 novemberéig igazgató szakértői megbízást kapott a török meteorológiai szolgálat megszervezésében való közreműködésre. Azóta a török szolgálat a magyar szolgálat többszörösére növekedett, de Réthly Antal emlékét őrzik a hálás utódok, relikviáinak pedig a HungaroMet központi épületében és könyvtárában fellelhető emlékek mellett az Ankarában – az általa létesített egykori Observatórium épületében – működő Állatorvosi Múzeum is otthont ad.

A HungaroMet és az MMT meghívására, a Török együttműködési és koordinációs iroda (TIKA) támogatásával négy szakember kapott meghívást 2025. március 25-én délelőtt a Meteorológiai Világnap ünnepségre, és azt követően a két félnapos „Réthly emlékülésre”. A látogatók: Özgür Taşçıoğlu, a Török Meteorológiai Szolgálat média és általános kapcsolatokért felelős vezetője; Prof. Dr. Mikdat

Kadioğlu, az isztambuli Műszaki Egyetem (ITÜ) tanszékvezetője, továbbá az Ankarai Egyetemről Prof. Dr. R. Tamay Başağaç Gül, a Réthly Múzeum létrehozója és Assoc. Prof. Dr. Emre Saral történész az ankarai Hacettepe Egyetemről.

Az ünnepség-sorozat 2025. március 25-én a Meteorológiai Világnap alkalmából megrendezett eseménnyel kezdődött a HungaroMet Székházában. Idén ráadásul a Meteorológiai Világszervezet (WMO) is jubileumot ünnepel, az ENSZ égisze alatt való működésének és a mostani szervezet létrejöttének 75-dik évfordulóját. A Világnap idei témája a „Veszélyjelzés időben mindenkinek – együtt áthidaljuk a hiányosságokat”, amely a meteorológiai veszélyjelzések fontosságára hívja fel a figyelmet. A délelőtti világnapi programot dr. Raisz Anikó, az Energiaügyi Minisztérium környezetügyért felelős államtitkára nyitotta meg, majd a törökországi magyar nagykövet asszony Gülşen Karanis Ekşioğlu és Hoppál Péter a 2025 évi. Magyar–Török Tudományos és Innovációs Év magyar programjainak előkészítéséért és lebonyolításáért felelős kormánybiztos is köszöntötte a résztvevőket. Elhangzott, hogy az 1923-ban



Dr. Dobi Ildikó kolléganők bemutatót tart a Könyvtár olvasótermében a gyűjtemény legrégebbi darabjaiból, a folyóiratainkból és Réthly Antal műveiből.

megkötött török-magyar barátsági szerződés százéves évfordulója alkalmából megújított kétoldalú megállapodás idején feladata a két ország közötti szakmai együttműködésének elmélyítése, ezért örömeinkre szolgál a meteorológiai kapcsolatok ápolása. A világnapi ünnepségen Pátkai Zsolt időjárás-előrejelző kollégánk tartott szakmai előadást a veszélyjelzésekről, majd az Energiaügyi Miniszter által adományozott meteorológiai kitüntetések átadása következett, amelyeket összesen 24 kolléga vehetett át.

A Prof. Dr. Réthly Antal tiszteletére rendezett kedd délutáni emlékülésen Dr. Lakatos Mónika, az MMT elnöke köszöntötte az egybegyűlteket.

A magyar és a török meteorológiai szolgálatok tevékenységét a nemzetközi részlegek vezetői mutatták be (Mr Özgür Taşcıoğlu, ill. Dr. Lábó – Szappanos Eszter, a Nemzetközi és Tudományos Kapcsolatok osztályvezetője). A professzor hazai munkásságát Tóth Róbert (Adatellenőrzési Osztály vezetője), törökországi tevékenységeit Dr. Fodor Gábor (HUNREN BTK Történettudományi Intézet kutatócsoport vezetője, a Magyar-Török Baráti Társaság elnöke) foglalta össze. Dr. Emre Saral ismertette az említett 1923-as egyezmény keretében Törökország megújításában szerepet játszó magyar szakértők munkásságát. A program a könyvtári érdekességek bemutatásával zárult.

Másnap délután az ELTE Kari Tanácstermében folytatódtak az előadások. A dékáni köszöntőt követően Dr. Başağaç Gül az ankarai múzeum történetéről beszélt. Az Állatorvostudományi egyetem fenntartásába került romos épületben 2000-ben talált fotók alapján ismerték fel az épület eredeti funkcióját. Fontos előrelépés volt Melek Colak 2012-ben törökül megjelent könyve Réthly Antal életéről [1]. Az eredeti állapot szerint teljesen felújított épületben 2016-ban nyílt meg a Múzeum, amely 2021-ben bővült a toronyban Réthly professzor emlékeivel. Szolgálatunk ajándéka, egy korabeli barométer átadására ünnepélyes keretek között 2025. január 28-án került sor.

Dr. Kadioğlu a török meteorológus képzést mutatta be. A tanszék nemrég megújult, az új elnevezés „Éghajlattudomány és Meteorológiai Mérnöki Tanszék” a meteorológia iránti aktuális igényeket tükrözi. Amerikai oktatási programot követnek, korszerű IT rendszerrel rendelkeznek. A mérnöki meteorológiai oktatásban kiemelt szerepet kapnak a riasztások és a katasztrófavédelem. Leelőssy Ádám a hazai tanszék tevékenységéről adott átfogó képet. Zárásként Mészáros Róbert tanszékvezető megmutatta az épület tetején elhelyezett műszereket és rövid látogatásra invitált a tanszékre. A rendezvény folytatására szeptemberben Ankarában kerül sor.

Internetes hivatkozások

[1] https://epa.oszk.hu/03900/03956/00053/pdf/EPA03956_legkor_2018_4_191-193.pdf



Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése

Tóth Róbert

HungaroMet Nonprofit Zrt, toth.r@met.hu

A HungaroMet Nonprofit Zrt. folytatja azt a régi hagyományt, hogy a Meteorológiai Világnapon néhány társadalmi csapadékmérőt kitüntet azok közül, akik hosszú ideje pontosan, lelkiismeretesen végzik a meteorológiai megfigyeléseket szerte az országban. Írásomban bemutatom az idén kitüntetett csapadékmérő munkatársakat.

Az idei Meteorológiai Világnap több megemlékezésre érdemes évfordulót hozott. 75 éves a Meteorológiai Világszervezet, s az ENSZ szakosított szervezeteként működik. Réthly Antal kiváló tudósunk és egykori igazgatónk halálának 50. évfordulójára együtt emlékeztünk a török küldöttséggel, hiszen Réthly 100 évvel

ezelőtti törökországi munkássága óriási tiszteletet vívott ki Törökországban. Mind ezek mellett még említhető, hogy Szolgálatunk a 155. évébe lépett.

A HungaroMet továbbra is folytatja a régi hagyományt, s az idei Meteorológiai Világnapon is kitüntettünk néhány olyan hagyományos csapadékmérő



Az elöl állók bal szélén Kovács Krisztina, az Év MET-ÉSZ észlelője; a középső sorban balról a harmadik helyen áll Paulovics Jánosné hidegkúti társadalmi észlelőnk, ötödiken pedig Pirókné Gyarmati Edit kétpói társadalmi észlelőnk.

állomást vezető munkatársat, akik hosszú ideje magas színvonalon végzik a rájuk bízott feladatot, ami pontosságot, rendszerességet követel.

Ezzel az írásunkkal is szeretnénk köszönetünket és tiszteletünket kifejezni a díjazottak hasznos, áldozatos munkájáért.

Szentlőrinc Tortyogó

Tortyogó-vízműtelep Pécs és Szentlőrinc között, a 6-os főút mentén található, Baranya vármegyében. Kővágótöttös kisközség területén fekszik és a Tettye Forrásház Pécsi Városi Víziközmű Üzemeltetési Zrt. kezelésében működik. 1902-ben helyezték üzembe a városhoz közeli Tortyogó-forrás mellett kiépített, gőzgépekkel hajtott vízművet, amely már 150 méter mély fúrt kutakat is magába foglal. A vízműtelepen 1949-ben kezdődött a csapadékmérés.

Iványi István jelenlegi észlelőnk 1940-ben született a Siklós közelében fekvő Nagytótfalu nevű kis faluban. Apját kuláknak nyilvánították, így fia tanulási lehetősége igen bekorlátozódott. Először kovács inas lett a faluban, majd asztalos inas. Később Villányban a gépállomás traktorosa lett, ahonnan mezőgazdasági gépész iskolába küldték. A gépállomás megszűnése után Nagytótfalu TSZ-ében helyezkedett el, ahonnan elvégezhetette a jánosalmi mezőgazdasági gépkezelő (traktoros) iskolát. 1960-ban megnősült, 1961-ben megszületett lányuk. Iványi úr a Pécsi Vízműveknél



Iványi István a Tortyogó-vízműtelepen működő csapadékmérővel.

helyezkedett el, átképezte magát erősáramú szerelővé, s a Tortyogó-vízműtelepre kérte magát, mert ott szolgálati lakást biztosítottak neki. A csapadékmérést a telepen dolgozók váltva végezték. Ebbe a munkába Iványi úr 1965-ben csatlakozott, s 2010-től már csak egyedül végzi. 85 évesen is örzi szellemi frissességét. Két unokája és két dédunokája született.

Elismerésünket és köszönetünket fejezzük ki, hogy 60 éven át megbízhatóan végezte az észlelői munkát. A továbbiakhoz jó egészséget kívánunk!

Kétpó

Kétpó 1952-ben alakult önálló községgé Jász-Nagykun-Szolnok vármegye mezőtúri járásában. Manapság kb. 560-an lakják, ami jelentős csökkenés az 1990-ben ott élő 862 lakoshoz képest.

1905–1910 között már működött csapadékmérő állomás a falu Pusztapó nevű külterületi részén. 1948-ban indult újra a Tassy tanyai iskolánál, majd közel párhuzamosan a Szabadság TSZ irodájánál is folytak mérések. Pirókné Gyarmati Edit 1981-ben vette át a csapadékmérést elődjétől. „Mindig közel állt hozzám az időjárás megfigyelése, nyomon követése. Apukám és a férjem is agronómus volt, a fiam is mezőgazdasági szakember lett. Én ugyan tanár vagyok, de a családnak ma is aktívan gazdálkodik, erősen függünk az időjárástól. Ezek az okok is közrejátszottak, mikor több mint 40 éve igent mondtam a megkeresésre, hogy folytassam én a megfigyelést az elköltözött Varga Imre után. Természetesen bennem is az extrémebb, szokatlanul kiugró események, jelenségek hagytak nyomot. Nekem még alkalmam volt 50-60 cm-es hóvastagságot mérni. 1999 egyik nyári éjszakáján (július 12-én 110 mm), több mint 100 mm eső esett településünkön. Észletem februári mennydörgést, villámlást. Manapság észlelem sajnos a nagyon kevés csapadékot. Mindig igyekeztem és igyekezni is fogok precízen, odaadóan végezni a munkámat. Tudom, hogy nem nagy dolog, de mindennapos teendőt jelent. Kíváncsiságból megnéztem, több mint 15 500 napon jelentettem időjárást. Bízom benne, hogy még a jövőben is jelenthetek, segíthetek az intézet munkáját, míg igényt tartanak rá.”

Köszönjük Editnek a Szolgáltatnak végzett értékes munkáját, s jó egészséget kívánunk a folytatáshoz.

Budapest, Budafok Kereszt-hegy

A Kránicz család 1970-ben kezdte a csapadékmérést a XI. kerületben fekvő Kelenvölgyben. Az észlelő a mai megbízottunk öccse volt, Kránicz István.



Kránicz József a Tordai úti kertjében.

Abban az időben tanulóként végezte a méréseket, majd mérnök lett és elköltözött Törökbálintra. 1973-tól 2013-ig édesanyja, Kránicz Józsefné folytatta a megfigyeléseket nagy odaadással. Elhunytát követően idősebb fia, Kránicz József vette át a stafétát és végzi a csapadékmérést a mai napig is. A mostani állomás kicsit délebbre költözött, már Budafokon a Kereszt-hegy közelében fekszik sűrűn beépített családi házas övezetben. Kránicz úr Tolna vármegyében, Ozorán



Paulovics Jánosné hidegkúti és Pirókné Gyarmati Edit kétpói csapadékmérőnk.

született és ott járt általános iskolában. Sokat segített a földműveléssel foglalkozó nagyszüleinek. A család sokakhoz hasonlóan megszenvedte a nehéz időket: a lovakat 1945-ben a szovjet katonák, a földet később az erőszakos téjeszesítés vitte el. Kránicz úr esztergályos lett és Budapesten a BHG-nál (Beloianisz Híradástechnikai Gyár) dolgozott sokáig. A rendszerváltáskor privatizált egy marógépet és egy esztergagépet, s ezekkel dolgozott tovább az otthoni műhelyében. Ma már inkább csak kertészkedik, s finom pálinkát készít. Kránicz úrnak egy fia és egy lánya született, jelenleg öt unokája van. A csapadékmérés során az a szomorú tapasztalata, hogy a záporos időszakban a kertjét és közvetlen környéküket rendre elkerüli a csapadék, míg a kissé távolabbi területek bő öntözést kapnak.

Kránicz úr idén 80 esztendő s lesz. Köszönjük a Szolgálatnak végzett értékes munkájukat, s jó egészséget kívánunk a folytatáshoz.

Hidegkút

Hidegkút kis falu Veszprém vármegyében, a Déli-Bakonyban, Balatonfüredtől 6 km-re, északra. Lakóinak száma enyhe emelkedést mutat, 2024-ben 458-an lakták, míg 1990-ben csupán 361-en. Mint több más bakonyi faluban, a lakosság 20-22%-a német nemzetiségű, a település német neve Kaltenbrunn bei Weißbrunn. Az első világháborúban hősi halált halt helyiek döntően német vezetéknevűek. Hidegkúton a csapadékmérés 1954-ben indult Rubányi Ede erdész és felesége munkájával. Amikor 1981-ben Rubányi úrnak már nehezeze esett a tevékenység, megkereste az akkor a Postánál dolgozó, 31 éves Paulovics Jánosnét, aki szívesen elvállalta a mérés folytatását. Paulovicsné gyors- és gépirónak tanult, a Volánnál kezdett dolgozni, utána 18 évet a Postánál töltött, majd végül a Veszprém Megyei Csolnoky Ferenc Kórház-Rendelőintézetétől ment nyugdíjba. Paulovicsné az alábbi időjárási eseményeket emelte ki az elmúlt több mint négy évtizedből. „A kezdő éveimben történt a berhildai földrengés (1985. augusztus 15-én reggel, a Richter-skála szerint 4,9 erősségű), ami Hidegkúton is sok kárt okozott, nálunk is megrongálta a lakást. 1999 februárjában hófúvás okozott kellemetlenséget, több napra elzárta falunkat a külvilágtól (a hónap közepén hét napig félméternél vastagabb hóréteg borította a talajt). 2010 májusában olyan erős vihar robotott át a településünkön, ami több ingatlanban okozott károkat. 2013 januárjában is volt két hófúvásos nap (újra félméteres hóréteg), a településről se ki, se be. 2014 szeptemberében (14-én 59,2 mm, egész hónapban 207,4 mm)



Osvárh Lászlóné a szőlősárdói udvarán a virágállványal kombinált csapadékmérővel.

olyan hirtelen lezúduló záporosó esett, hogy házakat, pincéket öntött el a víz. Az utóbbi években is volt egy-egy vihar, egyre sűrűbben záporokkal, zivatarokkal, de ezek szerencsére nagyobb károkat nem okoztak, csak a nagyobb mennyiségű vizet az elvezető árkok nem bírták és a víz elöntötte az utakat, járdákat. Úgy érzékeljük, hogy a szélsőséges időjárás lesz jellemző egyre inkább.”

Köszönjük 44 éve végzett áldozatos munkáját, jó egészséget kívánva!

Szőlősardó

Szőlősardó Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei kisközség az Edelényi járásban, az ún. Galyaságban, a Rét-patak völgyében. A falucska nevében szereplő ardó erdőóvót jelent, mai szóhasználattal természetvédelmi őrként fordíthatjuk. Szőlőművelése a legreggibi a vármegyében. Lakóinak száma folyamatosan fogy, 1910-ben még 394 lelket számlált, ami 1990-re 199 főre, mára 100 főre olvadt. A népesség fogyásával eltűnnek a szolgáltatások, már nincs iskola, posta, orvos, bolt, és megszűnt a kocsmá is. A 15. századi református templomába vasárnaponként Rudabányáról jár egy lelkész istentiszteletet tartani. Szőlősárdón 1943-ban indult a csapadékmérés, az akkor még működő iskolánál a tanítók végezték. Az Osvárh

család 1977-ben vette át, s a munka idővel Osvárh Lászlóné kezébe került. Osvárhné ápolónőként dolgozott, férje buszsofőrként. Egy fiuk és két unokájuk van. A hosszú mérési időszak néhány rendkívüli eseményét említi. 2010. június 1-jén 54,2 mm, 3-án 50 mm csapadék hullott. Megáradt a Bódva, s elöntötte Edelényt és Szendrőt. 2019. augusztus 13-án hirtelen jött szupercellából nagy mennyiségű jégeső zúdult Szőlősárdóra. A jégdarabok teniszlabda nagyságúak és tüskés felületűek voltak. 30 háznak szétverte a tetőszerkezetét és erdőrészeket tarolt le. Utána még lehullott 76 mm csapadék, ami fokozta a károkat. Az évek során tapasztalja, hogy a téli hőmennyiség csökken, az egyéb időjárási jelenségek pedig szélsőségesebbé váltak.

Osvárhné a csapadékmérést nagy odafigyeléssel, pontossággal végzi, 2018 óta naponta küldi az adatokat. Az időjárás megfigyelése fontos, érdekes feladattá vált számára.

Köszönjük több évtizedes munkáját, s jó egészséget kívánunk szerető családjá körében!

Az Év MET-ÉSZ észlelője címet idén **Kovács Krisztina** nyerte el. Krisztina a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (KDTVIZIG) munkatársa, 2020 óta online küldi be az adatokat és végez észleléseket Agárdon, a Velencei-tó partján, ahol már 1933 óta működik csapadékmérő állomásunk, 1996 óta pedig automata is segíti a munkát. A főállása mellett végzett MET-ÉSZ és METADAT jelentéseit az év minden napján megkapjuk tőle, a reggeli órákban. Mintegy 4000 észlelése mellett rendszeresen küld fotókat is a Velencei-tóról, melyeket munkánk során hasznosítunk. Az agárdi KDTVIZIG-telephely meteorológiai méréseiért is ő felel: napfénytartamot és párolgást is mér. Ez a sokrétű tevékenység nagyfokú elkötelezettséget és állhatatosságot kíván, hiszen az észlelő nem tart szünetet ünnepnapokon, hétfőgőn, hidegben, hőségben vagy viharban sem – a műszerek figyelmet és rendszeres leolvasást igényelnek. Így születnek azok a pontos és megbízható adatok, melyekre a jövő éghajlatkutatói is bizton alapozhatnak.

A HungaroMet Nonprofit Zrt. mind az öt kitüntetett csapadékmérőnek, Krisztinának, valamint a miniszteri oklevéllel kitüntetett Strell Lajos szuperészlelőnek köszönetet mond a több évtizedes megfigyelő munkáért, amivel hozzájárultak a nemzeti éghajlati adatgyűjtés gyarapításához. További életükhöz, munkájukhoz kiváló egészséget, sok örömet kívánunk!



2024/2025 telének időjárása

Szolnoki-Tótván Bernadett

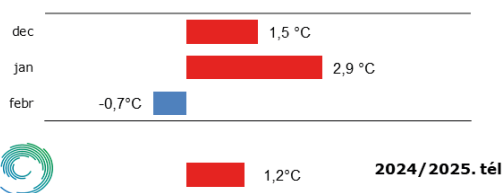
HungaroMet Nonprofit Zrt., totivan.b@met.hu

A globálisan legmelegebb évben nem meglepő, hogy 2024/2025 tele – ahogy az ezt megelőző hét tél – melegebb lett a sokéves átlagnál.

A hőmérséklet és csapadék időbeli alakulása

Országos átlagban 1,6 °C volt a háromhavi középhőmérséklet, mely 1,2 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as normált (1. ábra). A december és a január külön-külön is melegebb volt a megszokottnál. Az évszak a 24. lett az 1901 óta számított legmelegebb időszak éghajlati rangsorában, míg a december 33., a január pedig 11. Csapadék szempontjából országosan nagy hiányok jelentkeztek: a sokéves értéknek mindössze az 57%-a érkezett. Bár térbeli egyenetlenségek voltak, időbeli kevésbé: mindhárom hónapban nagyjából a megszokott mennyiség 60%-a hullott.

A küszöbnapok alapján egy enyhe, száraz tél rajzolódik ki (1. táblázat). A hőmérsékleti indexekből az összes elmarad a sokéves átlagtól. Fagyos napoknál



1. ábra. Az országos havi és az évszakai középhőmérséklet elterése a sokévi (1991-2020-as) átlagtól 2024/2025 telén (interpolált adatok alapján).

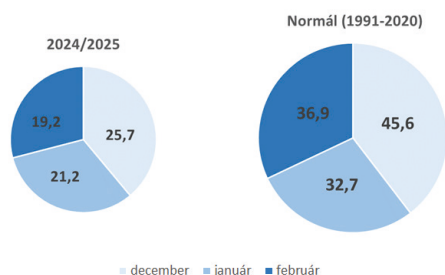
minimális a csökkenés, de hideg, zord és téli napok esetén nagymértékű. A csapadékos napok száma országos átlagban több, mint 20%-kal volt kevesebb, mint az 1991-2020-as normál időszakban. A hótakarós napok számában még ennél is nagyobb a különbség: a megszokott érték alig 15%-át regisztráltuk a télen.

A 2. ábrán a kördiagramm az elmúlt télen lehullott csapadék mennyiségét és évszakon belüli eloszlást hasonlítja össze az 1991-2020-as normálidőszakkal.

Éghajlati indexek értékei 2024/2025 telén és ezek sokéves átlagai

	2024/2025	1991-2020
Fagyos nap ($T_{min} \leq 0 \text{ °C}$)	60	63
Hideg nap ($T_{min} \leq -5 \text{ °C}$)	14	24
Zord nap ($T_{min} \leq -10 \text{ °C}$)	2	8
Téli nap ($T_{max} \leq 0 \text{ °C}$)	9	22
Csapadékos nap ($r \geq 0,1 \text{ mm}$)	24	31
Havas nap	10	16
Hótakarós nap	4	29

1. táblázat. A 2024/2025-ös tél során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991-2020-as sokéves értékei.

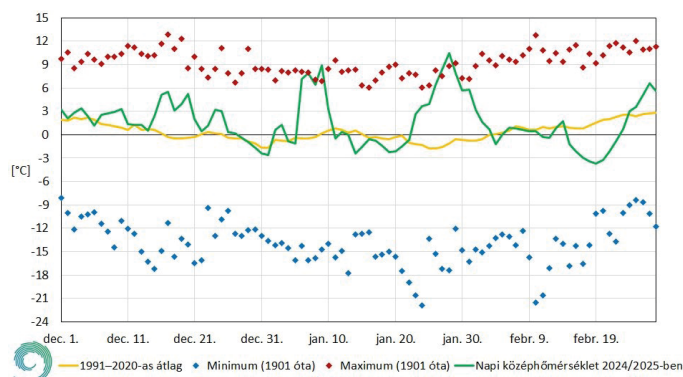


2. ábra. A 2024/2025-ös tél havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon (mértékegység: mm).

A 2. ábrán – ahol a kördiagramok területei arányosak a havi és évszakos csapadékösszegekkel – látható, hogy az évszak csapadékösszege jóval elmarad a sokéves átlagtól. Hasonlóan a sokéves átlaghoz a három hónap sorrendben közel 40-30-30%-át adja az évszakos összegnek. Az elmúlt 125 év éghajlati adatsorában 2024 decembere a 22., 2025 januárja a 27., a február a 35., míg a tél a 12. helyre került a legszárazabb időszakok sorában.

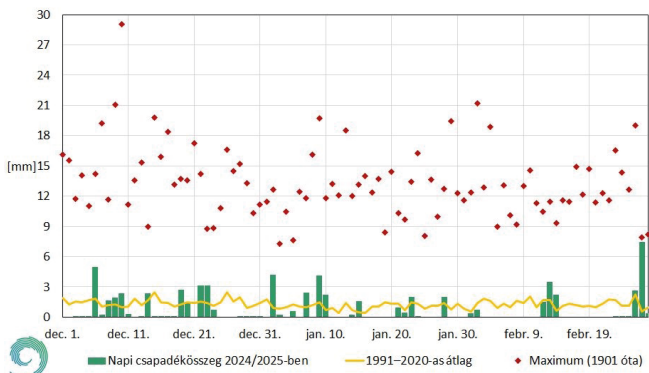
A 3. ábra a 2024/2025-ös tél napi középhőmérsékleteit, sokéves átlagait, valamint az 1901 óta tapasztalt szélsőértékeit mutatja be. Az évszak 90 napjából 53 napon a normálnál magasabbak voltak a napi átlaghőmérsékletek. Szinte az egész december melegebbnek adódott a megszokottnál, csak 1-1 nap a hónap első és második hetében, illetve a hónap utolsó 4 napja lett hűvösebb a sokévesnél. Januárban két hosszabb, kifejezetten meleg periódus volt: január 6. és 10. között, valamint 22-től egészen február 3-ig, 13 napon át. A tavaszi idő sokszor már extrém melegnek számított: január 26-án, 27-én és 28-án is megdőlt az adott napra vonatkozó napi maximum hőmérséklet rekord. 28-a lett a hónap és a teljes évszak legmelegebb napja, 10,4 °C-os középhőmérséklettel, mely több, mint 11 °C-kal haladta meg a sokéves értéket, és inkább egy április eleji nap középhőmérsékletének felel meg. Február 4-től viszont a következő 20 nap alatt csak 2 napon emelkedett a sokéves érték fölé a középhőmérséklet: 6-án és 14-én. Ebben a periódusban volt a tél leghidegebb napja: 19-én. Ekkor országos átlagban -3,7 °C-ot mértünk, mely 5,3 °C-kal marad el az 1991–2020-as normáltól.

A 4. ábra a csapadék időbeli alakulását mutatja a tél folyamán. A napi országos átlagok a sokéves értékek közelében mozogtak, és messze elmaradtak a maximumoktól. Decemberben figyeltük meg a legtöbb csapadékos napot, tízet az évszakban. Nyugat felől december 6-án egy csapadékos frontrendszer érkezett fölénk. Északon hó, havas eső; délen eső



3. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokéves átlag (1991–2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2024/2025 télen homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

hullott, nyugaton pedig rövid ideig fagyott eső és ónos eső is előfordult. A csapadék mennyisége mérőállomásainkon nyom és 14 mm közt változott, országos átlagban pedig 5 mm-nek adódott. A következő napokban is hullott csapadék, 8-án például egy mediterrán ciklon következtében. Az eső mellett főként a Dunántúlon havas eső, havazás is előfordult. Majd 11-ig minden nap volt többfelé vegyes halmazállapotú csapadék. 14-én főként a déli országrészben havazott, de kisebb térségben ónos eső és fagyott eső is hullott. 15-től egy melegfront vonult át a Kárpát-medence felett, mögötte pedig enyhe, száraz levegő árasztotta el térségünket. 19-én egy hidegfront érkezett, sokfelé eső és viharos széllelkések kísérték a Dunántúlon. 22-én egy újabb hullámzó frontrendszer haladt át felettünk, majd a déli ágán kialakuló mediterrán ciklon alakította időjárásunkat. Emiatt 22-én vegyes halmazállapotú csapadék hullott, síkvidéken is kialakult többfelé hótakaró, vastagsága a magasabban fekvő tájakon elérte a 7-10 centiméert. A következő napon is hasonló volt a helyzet, de a csapadékhullás főként a Dunántúl déli felére és a Duna-Tisza közére összpontosult. Vékony hótakaró ekkor is képződött sokfelé, vastagabb pedig a Mecsekben alakult ki. Szenteste napján az Alföldön és a Dél-Dunántúlon már inkább csak eső esett, csak a Mecsekben havazott. Az év hátralévő napjain már nem hullott csapadék. Legközelebb január másodikán mérhettünk csapadékot. Ekkor egy hidegfront érkezett, hatására leginkább eső esett, de északon és északkeleten havas eső, átmenetileg ónos eső is előfordult. A 7-én átvonuló hidegfront is hozott magával csapadékot: az ország nyugati-északnyugati részében mértünk kisebb – jellemzően 10 mm alatti – mennyiségeket. Majd január 9-ről 10-re virradóan egy markáns hidegfront átvonulása során, többfelé esett, a Dunántúl déli részén mértük a nagyobb mennyiségeket (10-20 mm



4. ábra. Országos napi átlagos csapadékösszegek, a sokéves napi átlagok (1991–2020), illetve a maximumok 1901 óta 2024/2025 télén homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

közt), sőt ebben a térségben még hó, havas eső is előfordult. Majd 15-én nedvesebb léghullámok értek el hazánkat, a borult, párás időt hozva. Többfelé havazás, hószállingózás is kialakult az eső mellett. Az ezt követő napokban ismét anticiklon alakította időjárásunkat, így borult maradt az idő, a kialakult hidegpárna miatt a napi hőingás kicsi volt. 21-én vegyes halmazállapotú csapadék hullott, de nagy területen – főként a Dunántúlon – ónos eső volt jellemző. 22-én is még előfordult keleten hószállingózás, ónos szitálás. Majd 23-án egy hidegfront átvonulását követően többfelé hullott csapadék – eső, záporosó, havazás és ónos eső formájában. 28-án ismét egy hidegfront vonult át feletünk, országsszerte – kisebb mennyiségű – csapadékot

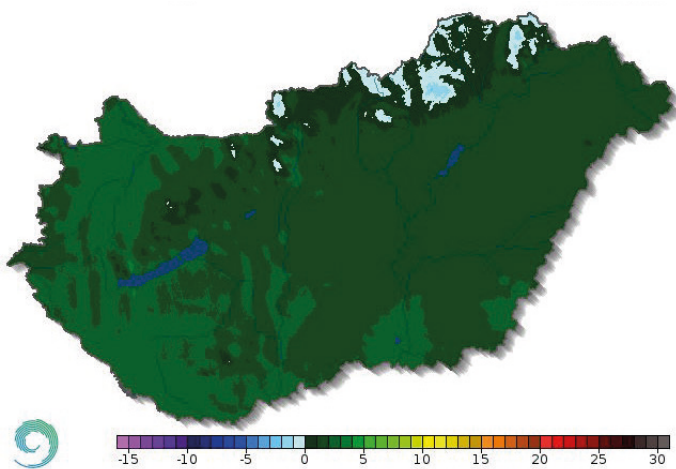
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
december	15,3 °C	Ferőtőrakos	december 16.
január	19,9 °C	Nagyatád	január 28.
február	17,7 °C	Mezőgyán	február 27.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
december	-9,6 °C	Zabar	december 26.
január	-11,9 °C	Lénárdaróc Zabar	január 5.
február	-15,6 °C	Zabar	február 19.

2. táblázat. A téli hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2024/2025-ben.

A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
december	73,4 mm	Szentlőrinc Tortyogó	
január	61,8 mm	Ábakonya	
február	42,3 mm	Alsószentmárton	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
december	2,9 mm	Kerkafalva	
január	4,9 mm	Pér repülőtér	
február	7,7 mm	Galgaguta	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	Állomás	Napja
december	29,2 mm	Szentlőrinc Tortyogó	december 23.
január	22,1 mm	Becsehely	január 9.
február	20,2 mm	Súr	február 27.

3. táblázat. A téli hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2024/2025-ben.

eredményezve, de a hónap utolsó napjaiban száraz idő volt a jellemző. Február enyhén és minimális csapadékkal indult. Elsején és másodikán főként a Balassagyarmat-Berettyóújfalu vonaltól keletre esett, többfelé hó, havas eső is előfordult. Február 3-tól egyre hidegebb és szárazabb légtömegek érkeztek fölénk. Mivel időjárásunkat egy anticiklon határozta meg, nagyrészt eseménytelen volt az időjárás. Lényeges változást 12-én egy ciklon meleg-, majd hidegfrontja hozott, mely áthaladt át hazánk felett. Ekkor főként a délnyugati és középső országgrészben, míg 13-án délen és keleten hullott csapadék. Formája mindkét napon elég vegyes volt: eső, ónos eső, havazás, fagyott eső is előfordult. A hidegfront mögött 14-től száraz, hideg, sarkvidéki levegő áramlott térségünkbe, így a csapadéktevékenység megszűnt. 26-án tőlünk délnyugatra egy mediterrán ciklon alakult ki, mely bőséges csapadékot hozott: 26-án főként nyugaton, 27-én viszont már országsszerte – bár a nagyobb mennyiségeket ekkor is a Dunántúlon mértük. 28-án már megszűnt a tartós eső, csak a keleti országgrészben fordult elő záporos csapadék.



5. ábra. A 2024/2025-ös tél középhőmérséklete (°C).

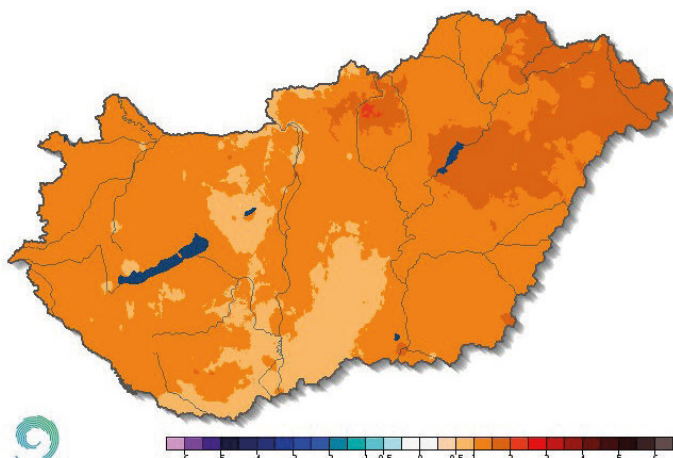
A hőmérséklet térbeli eloszlása

Hazánk legnagyobb részén a tél középhőmérséklete 0 °C felett alakult (5. ábra). Fagypont alatti évszakos átlag csak a középhegységeinkben – főként a Börzsönyben, a Mátrában, a Bükkben és a Tokaj-Zempléni-hegyvidéken – fordult elő. Az Alföldön 1-2 °C közötti átlagok voltak jellemzőek. A Dunántúl legtöbb táján, valamint Szeged és Lőkősháza térségében 2-3 °C között mozgott a háromhavi középhőmérséklet. A legalacsonyabb évszakos átlagot Kékestetőn regisztráltuk (1,4 °C), míg a legmagasabb értéket Szeged belterület állomáson (3,1 °C).

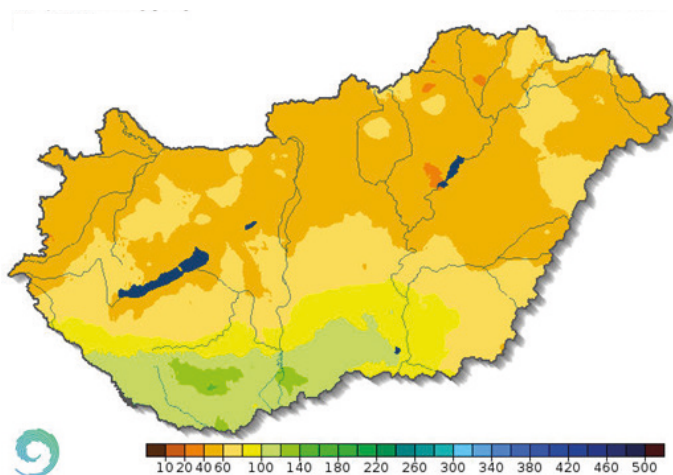
A 6. ábrán a hőmérsékleti anomáliát ábrázoltuk. 2024/2025 telén az egész országban az 1991–2020-as átlag felett alakult a középhőmérséklet. Az anomália legkisebb mértéke +0,5 és +1,0 °C közt volt, ez jellemezte a Mezőföldet és a Duna-Tisza közét. Hazánk legnagyobb részén +1,0 és +1,5 °C közötti eltérés uralkodott. Ennél nagyobb, +1,5 és 2,0 °C közötti anomália a Mátrában és az Alföld középső és északkeleti tájain fordult elő, lokálisan még +2,0 °C feletti különbséget is tapasztaltunk.

A csapadék térbeli eloszlása

A 7. ábra alapján elmondható, hogy a déli országrészbe több, északra pedig kevesebb csapadék érkezett az elmúlt télen. A Dunántúli-dombságnak, valamint a Duna-Tisza közének déli területein 100–140 mm közt alakult a lehullott csapadék mennyisége, ezek voltak a legcsapadékosabb tájak. Ezekről a tájaktól északra távolodva fokozatosan csökkent a háromhavi összeg. Az Alföld és a Dunán-



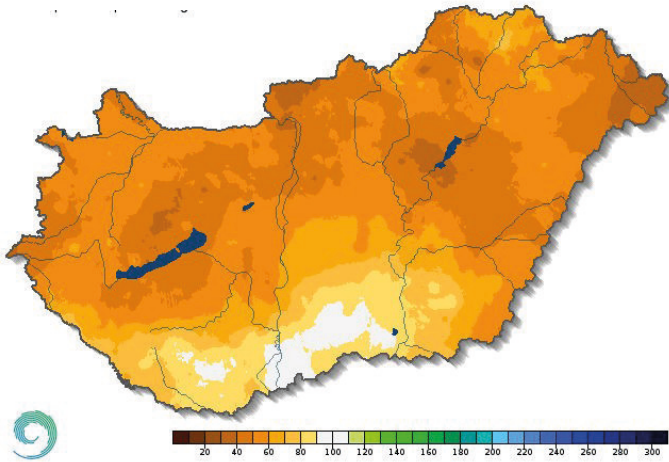
6. ábra. A 2024/2025-ös tél középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991–2020) átlagtól.



7. ábra. A 2024/2025-ös tél csapadékösszege (mm).

túl legnagyobb részén 40-60 mm közt mozgott a csapadékösszeg. A legszárazabb vidékeken – a Tisza-tó térségében és az Északi-középhegységben elszórta – mindössze 20-40 mm hullott az évszakban. A legkevesebb csapadékot, 27 mm-t Lénárdarócon mértük, míg a legmagasabb csapadékösszeget, 151 mm-t Bakonya állomáson rögzítettük.

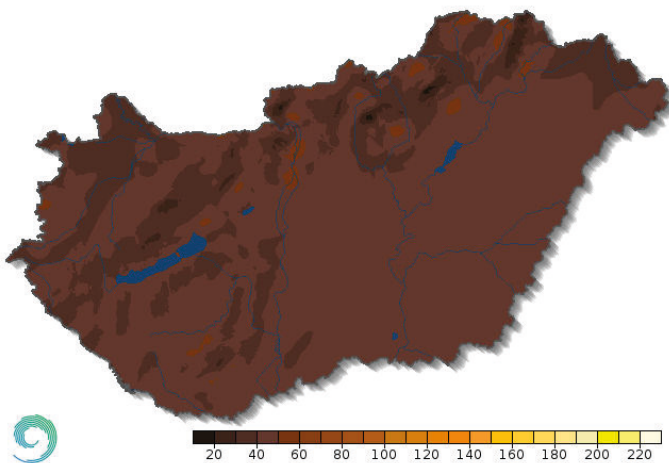
Hazánk területén szinte mindenhol elmaradt a sokéves értéktől a 2024/2025 telén lehullott csapadék mennyisége (8. ábra). Csak a legtöbb csapadékot kapott tájakon (a Dunántúli-dombság és a Duna-Tisza közének déli része) érte el a normált. A legnagyobb csapadékhiány a Balatontól északra a Dunántúli-középhegységben, a Felső-Tisza-vidéken, a Börzsönyben és a Hevesi-síkon jelentkezett. Ezekben a térségekben a sokéves átlag 30-40%-át összegeztük.



8. ábra. A 2024/2025-ös tél csapadékösszege a sokévi (1991-2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

A globálsugárzás térbeli eloszlása

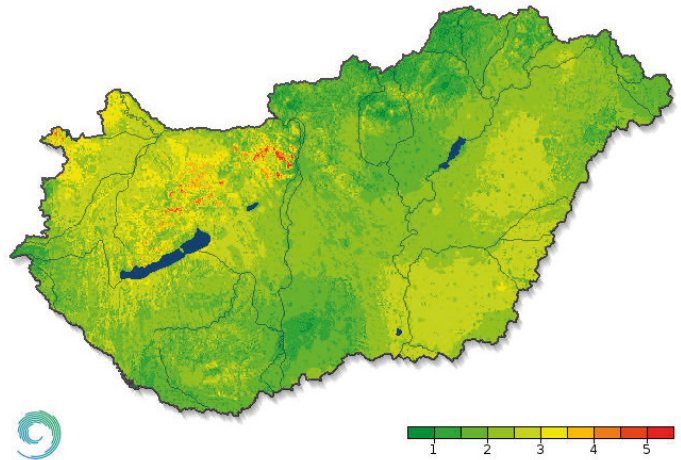
A tél folyamán hazánk legnagyobb részén 40–50 kJ/cm² között alakult az évszakos globálsugárzás-összeg. Ennél alacsonyabb értékeket a Felső-Tisza-vidéken, a Dunántúlon északkelet-délnyugat irányú sávokban és a középhegységeinkben figyelhettük meg. A legtöbb globálsugárzás most is az Alföldre érkezett (9. ábra). A legalacsonyabb mért összeg Egerben 31 kJ/cm² volt, míg a legmagasabb Szegeden 48 kJ/cm².



9. ábra. A 2024/2025-ös tél globálsugárzás összege (kJ/cm²).

A szélsébség térbeli eloszlása

2024/2025 telén a szélsébség átlaga alacsonyabb volt, mint az előző 2023/2024 telén. Hazánk legnagyobb részén 1 és 3 m/s közt alakult az átlagos szélsébség (10. ábra). A legmagasabb, 4 m/s-ot meghaladó átlagértékeket a Dunántúli-középhegységben találjuk. A legalacsonyabb értékek az előző telekhez hasonlóan a délnyugati határ mentén, a Duna-Tisza közének nyugati felén és az Északi-középhegységben fordultak elő. Ezekon a tájakon 1 m/s alatti érték is előfordulnak. Az átlagszél mellett említést kell tennünk a szellőkésekről is. Az évszak folyamán több alkalommal megdőlt a legmagasabb napi szellőkés fővárosi rekordja. December 16-án egy melegfront, majd január 9-én és 10-én egy hidegfront átvonulásakor fokozódott viharossá a szél Budapesten, János-hegy állomásunkon.

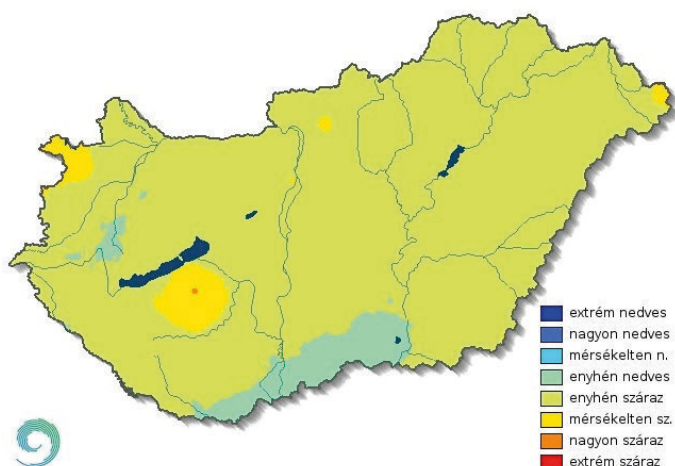


10. ábra. A 2024/2025-ös tél átlagos szélsébsége 10 m-es magasságban (m/s).

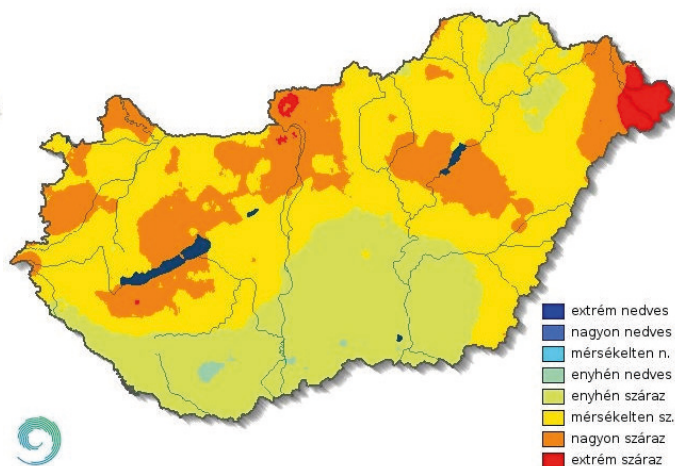
A meteorológiai aszály

A standardizált csapadékindex (SPI) egyhavi értékeit mutatja be a 11. ábra, 2025 februárjában. Az ország legnagyobb része enyhén száraz, csak kisebb területen jelenik meg az enyhén nedves kategória: a déli határ mentén, illetve a Marcal és a Zala folyók térségében. Emellett kis területen a mérsékelt száraz kategória is feltűnik: a Külső-Somogyban és Sopron tágabb környezetében.

A 12. ábrán látható a háromhavi SPI, ami a teljes évszakot jellemzi aszályosság szempontjából. Ezen a térképen már szinte csak aszályos területeket találunk; mindössze elvétve, foltokban tűnik fel az enyhén



11. ábra. Az egyhavi SPI területi eloszlása 2025. februárjában.



12. ábra. A háromhavi SPI területi eloszlása 2025. februárjában.

nedves kategória: a Mecsekben és a Duna-Tisza közén. Az Alföld és a Dunántúl déli részei enyhén szárazak, míg hazánk többi része legalább mérsékelt száraz. A Balaton és a Tisza-tó tágabb környezete, a Nyír-

ség, az Alpokalja és Pest vármegye pedig már nagyon száraz volt a télen. Nagyobb egybefüggő extrém száraz terület a Felső-Tisza-vidék, több kisebb ilyen terület pedig még a középhegységeinkben található.

2024/2025. tél időjárási adatainak összesítője (a mért értékek és az eltérések az 1991-2020-as sokéves átlagtól)

Állomás	Sugárzás, kJ/cm ² évszakos összeg	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél viharos nap ($f_v \geq 15$ m/s)
		évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	$r \geq 1$ mm napok	
Szombathely	42	1,7	1,0	17,3	2025.01.28	-10,8	2025.02.19	42	49	9	10
Nagykanizsa	42	1,8	0,9	18,3	2025.01.28	-10,9	2025.02.20	77	60	15	9
Pér		1,9		18,0	2025.01.28	-12,3	2025.02.19	46	45	8	15
Siófok	44	2,5	1,5	18,5	2025.01.28	-8,1	2025.02.20	44	42	12	15
Pécs		2,2	1,0	15,5	2025.01.28	-7,0	2025.02.18	98	85	18	8
Budapest	42	2,1	1,1	15,5	2025.01.26	-8,3	2025.02.19	54	54	14	1
Miskolc	37	1,2	1,6	13,6	2025.01.29	-10,0	2025.02.19	47	48	15	0
Kékesetető		-1,4	1,5	8,4	2025.01.19	-11,5	2025.02.17	55	39	17	25
Szolnok		1,9	1,3	15,6	2025.01.27	-9,5	2025.02.19	41	43	14	1
Szeged	48	2,1	1,3	17,0	2025.01.28	-8,7	2025.02.19	93	96	20	2
Nyiregyháza		1,7	1,9	15,8	2025.01.28	-9,0	2025.02.20	59	61	18	6
Debrecen	45	1,6	1,5	17,1	2025.01.28	-10,8	2025.02.20	52	52	13	5
Békéscsaba		1,9	1,4	17,1	2025.01.28	-10,4	2025.02.20	69	62	19	6



2024 telének időjárása agrometeorológiai szempontból

Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila Viktor

HungaroMet Nonprofit Zrt., molnar.zs@met.hu

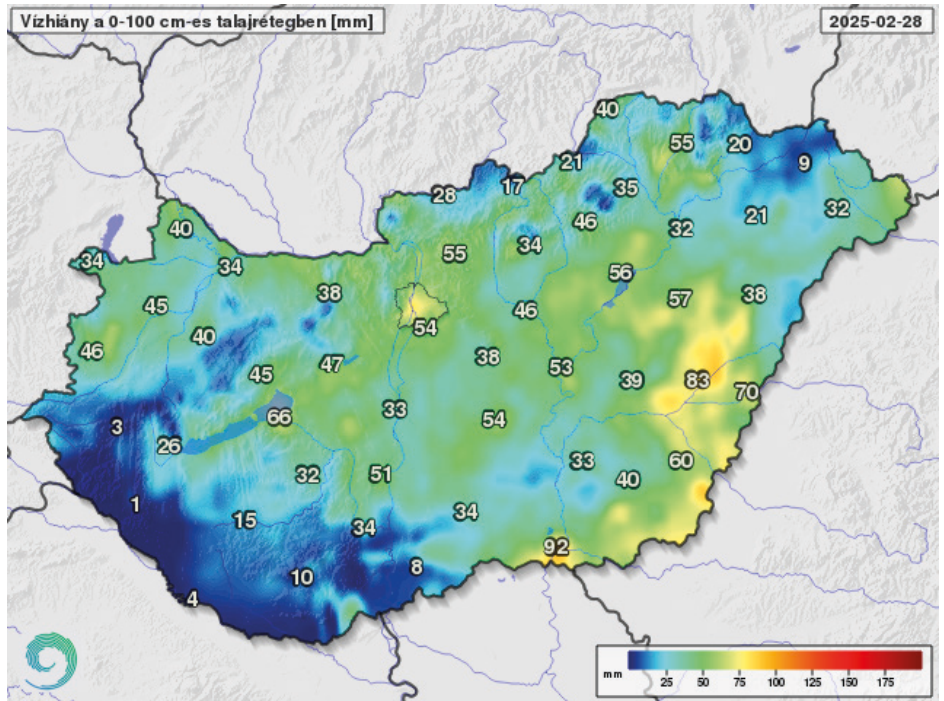
A tél első két hónapjában tavasziasan enyhe és a késő ősze jellemző borongós, párás, nyirkos időszakok váltakoztak hazánkban. Az igazi téli hideg csak februárban köszöntött be, de ekkor sem voltak olyan mértékű fagyok, amik hótakaró nélkül ártottak volna az őszi vetéseknek.

Az átlagosnál hidegebb és szárazabb november enyhe, de csapadékos idővel búcsúzott. Decemberben is gyakran volt az ilyenkor szokásosnál melegebb idő, többnyire éjszakánként is csak gyenge fagyok fordultak elő. Eső, havas eső többször is előfordult, de jellemzően csak kisebb mennyiség. Összefüggő hóréteg hazánk északi, északkeleti harmadán karácsony előtt alakult ki, de ez is elolvadt pár napon belül. A talaj sokfelé volt sáros. Délnyugaton a felső egy méteres, az Alföldön és északkeleten jellemzően a felső fél méteres réteg került telített állapotba. A fél méternél mélyebb rétegben főként az Alföldön azonban még bőven volt helye a nedvességnek. A repce fejlett, jó állapotba került az őszt végére, és így is maradt a tél folyamán, az összeltetett gabonák esetén azonban nem volt ilyen egységes a kép. A november közepéig, az egy hónapon át tartó száraz időszak többfelé egyenetlen kelést és nehézkes korai fejlődést eredményezett. Ezen segített a november második felében hullott csapadék, azonban hiába volt valamivel enyhébb a december az átlagosnál, a kalászosok számottevő fejlődéséhez ez kevés volt, maradtak igen gyenge táblák. Január első fele meglehetősen változékony időjárást hozott. A kezdetben hidegebb, az ország északkeleti tájain

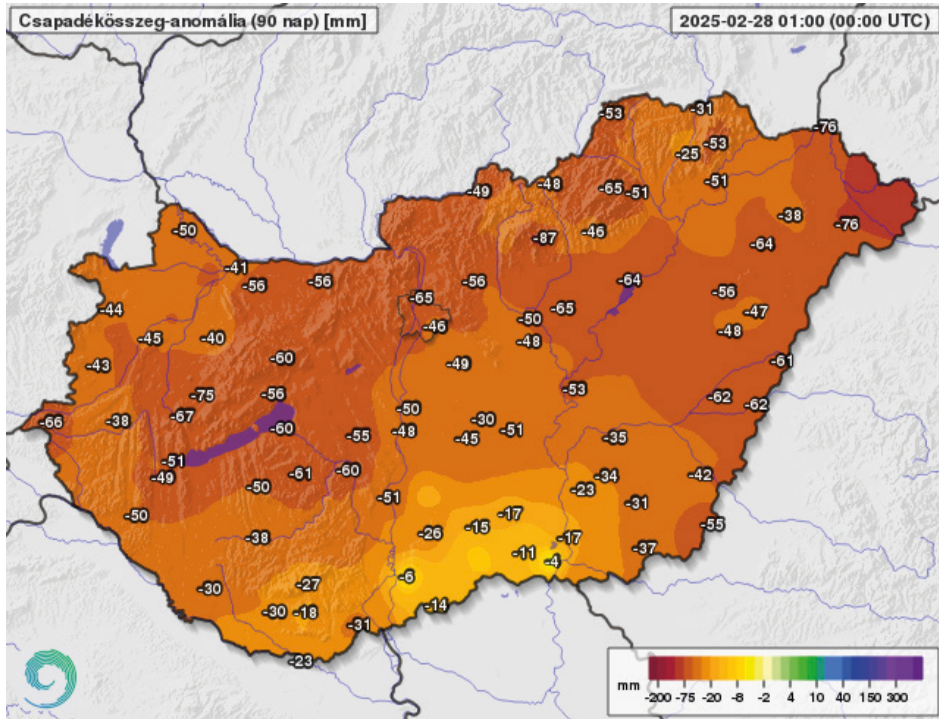
téli időjárást országszerte tavasziasan enyhe idő követte, majd a hónap második hetének végén egy markánsabb hidegfront hozott -5 és -10 fok közötti éjszakai fagyokat, és az ország nagy részére esőt, bár a Tiszántúl egyes részein 3–5 cm-es hótakaró is kialakult. Ezt követően közel tíz napon át tartó borongós, párás, ködös időszak következett gyakori szitálással, ónos szitálással, fagypont körüli vagy kevéssel az alatti hőmérsékletekkel. Január utolsó hetében azonban ismét tavaszi fordulat következett, sorra dőltek meg a melegrekordok, és az ilyenkor szokásosnál 8–10 fokkal melegebb időjárás zavarta meg a növények nyugalmi állapotát. Február elején azonban lehűlt az idő, különösen az éjszakák váltak hideggé, ami visszavetette a vegetáció idő előtti fejlődését. A tél leghidegebb időszaka február harmadik hete volt, amikor több éjszaka is nagy területen hűlt -10 fok köré vagy az alá a levegő, bár napközben jellemzően 0 fok fölötti értékeket mérhettünk. A napi középhőmérsékletek így is -2 és -5 fok között alakultak. Növényvédelmi szempontból nagy szükség volt erre a hideg periódusra, mert a tél nagy részében számottevően nem gyérültek a kártevők és kórokozók. Februárban a talaj felső 5–10 cm-es rétege is sokfelé átfagyott, amire a tél első két hónapjában szintén

nem volt példa. Csapadékban szegény volt a február is. A hosszabb száraz, napos időszakokat a hónap elején északkeletre, közepén és végén országosan érkezett csapadék törte meg. A talajok őszi, téli feltöltődése meglehetősen vontatottan haladt, és a tél végére sem fejeződött be teljesen, ezért február végén a délnyugati területek, középhegységeink és a Felső-Tisza vidékének kivételével jellemzően 30-70 mm nedvesség hiányzott a talajok felső egy méteres rétegéből a telítettséghez képest (1. ábra). A téli csapadékhiány egy esetleges tavaszi vagy nyári aszályos időszak során okozhat majd komoly gondokat.

A 2024/25-ös tél összességében az átlagosnál 1-2 fokkal volt melegebb. A januári átlaghőmérséklet mutatta a legnagyobb, 3-4 fokos pozitív anomáliát, míg a február az ország közel harmadán kissé hidegebb volt a szokásosnál. A sokéves átlagnál országszerte kevesebb csapadék hullott. A déli országrészben esett a nagyobb mennyiség, ott 80-120 mm-t mérhettünk, míg máshol mindössze 40-70 mm hullott, ami főként az északi országrészben csupán a fele a szokásos téli csapadékmennyiségnek (2. ábra). Napsütésből országszerte 15-30%-kal több volt a sokéves átlagnál.



1. ábra. A telítettséghez képesti vízhiány a talaj felső 1 méteres rétegében 2025. február 28-án (mm).



2. ábra. A 90 napos csapadékösszeg eltérése a sokéves átlagtól 2025. február 28-ig (mm).



A 2024. év éghajlati elemzése

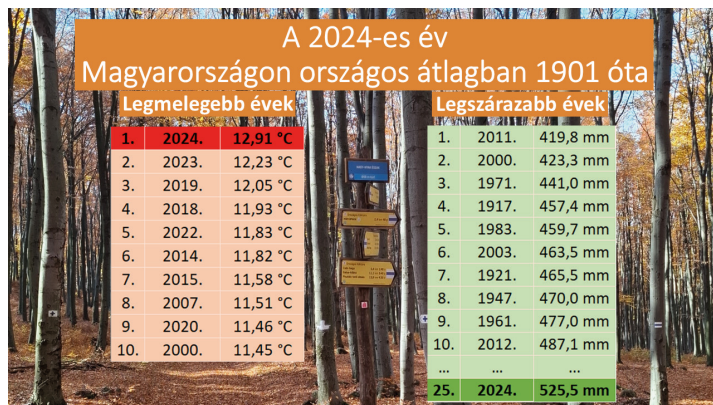
Marton Annamária, Izsák Beatrix, Szentés Olivér, Szolnoki-Tótván Bernadett

HungaroMet Nonprofit Zrt., marton.a@met.hu

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) jelentése szerint a 2023-as év után a 2024-es év is a legmelegebb év lett globálisan 1850 óta. Az ERA5 adatbázis alapján az évben a globális átlaghőmérséklet 15,10 °C volt, ami 0,12 °C-kal múlta felül a korábbi csúcstartó 2023-as évet. 2023 tavaszán az El Niño állapot vált uralkodóvá a trópusi Csendes-óceán térségében, ami 2023 decemberében tetőzött, de még a 2024-es év első felében is éreztette hatását. Ezáltal 2024-ben is jelentős befolyást gyakorolt a légköri nedvesség eloszlására, ami nemcsak a trópusok, hanem a mérsékelt öv időjárására és klímájára is hatással volt.

A 2024-es év 1,5 °C-kal volt melegebb az (1850–1900-as) iparosodás előtti szintnél, és 0,72 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as normált. Januártól júniusig minden egyes hónap melegebb volt, mint bármelyik előző év megfelelő hónapja. Az ERA5 adatbázisa alapján a legmelegebb telet, tavaszt és nyarat zártuk. Tovább emelkedett a szén-dioxid légköri koncentrációja, 2024-ben elérte a 422 ppm-et. Világszerte számos szélsőséges eseményt regisztráltak, köztük hóhullámokat, aszályokat, erdőtüzeket és árvizeket egyaránt. A szárazság több régióban is kedvezett az erdőtüzek kialakulásának. Tartós és nagy kiterjedésű erdőtüzeket figyeltek meg Kanadában (július és augusztus), valamint Dél-Brazíliában és Bolíviában (augusztustól októberig). A Dél-Amerikában pusztító 2024-es erdőtüzek szén-dioxid kibocsátása meghaladta a 2023-as kanadai értéket.

Hazánkban a 2024-es év középhőmérséklete országos átlagban 12,91 °C-nak adódott (1. ábra), így 2,16 °C-kal volt melegebb az 1991–2020-as éghajlati normálnál. Az ellenőrzött, homogenizált (MASHv3.03) és interpolált (MISH v1.03) adatok alapján közel

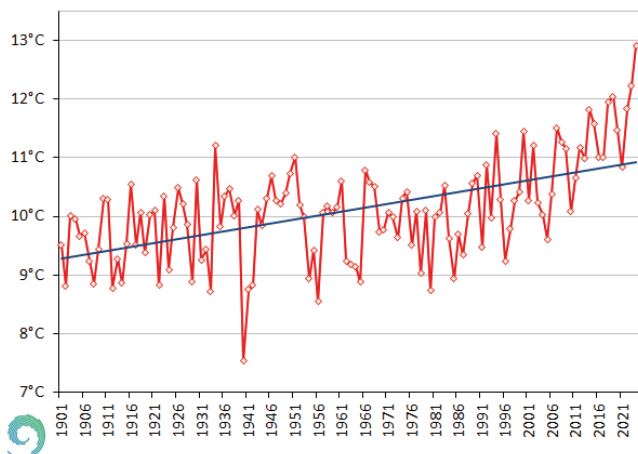


1. ábra. Az országos évi középhőmérsékletek és csapadékösszegek a legmelegebb és legcsapadékosabb évek rangsorában 1901 és 2024 között.

0,7 °C-kal haladta meg az eddigi legmelegebb (2023) évet. Az éghajlati indexek is ezt támasztják alá (1. táblázat). Az éves középhőmérséklet országos átlaga 90%-os megbízhatósági szinten szignifikánsan emelkedik az 1901-től kezdődő hosszú idősor lineáris trendbecslése alapján (2. ábra). Változása az elmúlt 124 év alatt (1901

	2024	1991-2020
Nyári nap ($T_{max} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$)	107	87
Hőség nap ($T_{max} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$)	37	29
Fagyos nap ($T_{min} \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	66	90
Téli nap ($T_{max} \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	2	24
Csapadékos nap ($r \geq 0,1 \text{ mm}$)	135	117
Havas nap	17	21
Zivataros nap	24	18

1. táblázat. A 2024-es év során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991-2020-as sokéves értékei.



2. ábra. Az évi középhőmérséklet 1901 és 2024 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag).

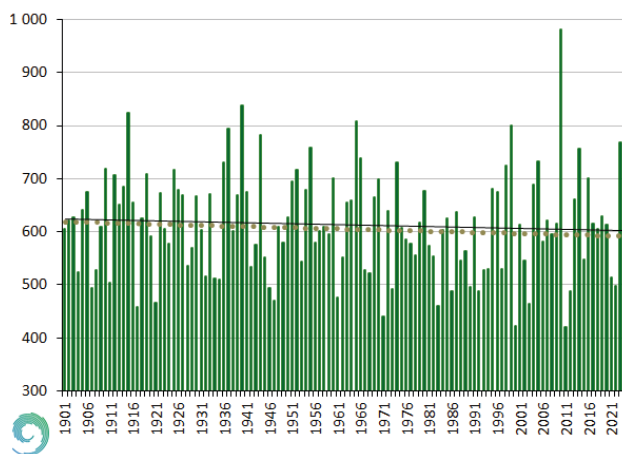
	Változás 1901-2023 [$^\circ\text{C}$]
tél	1,61 (0,64 - 2,58)
tavasz	1,26 (0,71 - 1,81)
nyár	1,80 (1,32 - 2,28)
ősz	1,29 (0,72 - 1,87)
év	1,53 (1,17 - 1,90)

2. táblázat. Az országos évi középhőmérséklet trendjei évszakonként 1901 és 2024 között (a 90%-os megbízhatósági intervallum határaival) Magyarországon.

és 2024 között) átlagosan $+1,64 \text{ }^\circ\text{C}$, míg az országon belül legalább $+1,48 \text{ }^\circ\text{C}$ és legfeljebb $+1,90 \text{ }^\circ\text{C}$ közötti hőmérséklet-változás fordult elő (2. táblázat).

A 2024-es év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban $525,5 \text{ mm}$, ezzel a 25. legszárazabb év volt 1901 óta. Az elmúlt 124 évben,

1901 és 2024 között – az évi csapadékösszegekhez illesztett exponenciális trend alapján – mérsékelt, átlagosan $3,75\%$ -os csökkenést tapasztaltunk, a csapadék csökkenése azonban statisztikailag nem szignifikáns (3. ábra). A változás az ország különböző pontjain -15% és $+7\%$ között alakul. A Dunántúl szinte egészen csökkent a csapadék, legnagyobb mértékben az északnyugati tájakon, ahol $10-15\%$ -os csökkenés mutatkozik 1901 óta. Az Alföld északi részén kisebb területen $4-6\%$ -os növekedést figyelhetünk meg (3. táblázat).



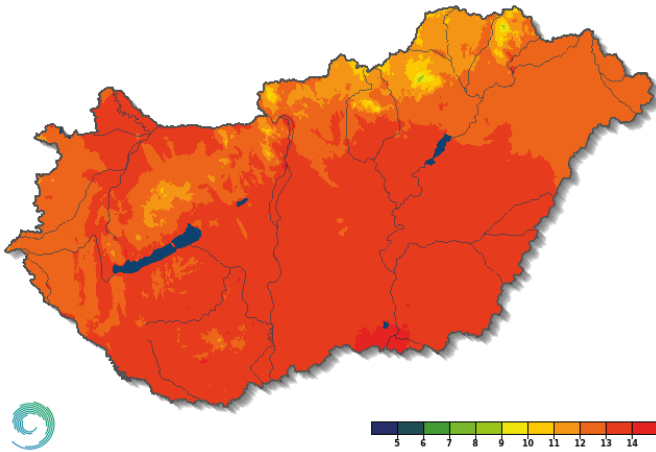
3. ábra. Az évi csapadékösszeg 1901 és 2024 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag).

	változás 1901-2023 [%]
tél	5,37 (-11,73 - 25,78)
tavasz	-16,95 (-27,34 - -5,07)
nyár	5,96 (-8,63 - -22,88)
ősz	-8,20 (-24,13 - 11,08)
év	-3,78 (-11,26 - 4,33)

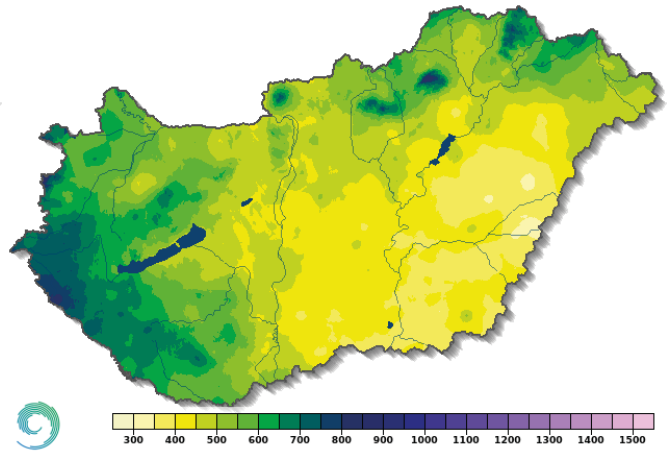
3. táblázat. Az országos évi csapadékösszeg %-os változásának trendjei 1901 és 2024 között (a 90%-os megbízhatósági intervallum határaival) Magyarországon.

Hőmérséklet

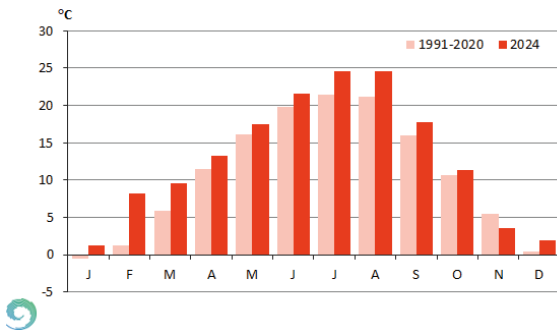
A 2024-es év során az ország déli részén és az alföldi területeken az éves középhőmérséklet $13-14 \text{ }^\circ\text{C}$ között, az északi és a magasabban fekvő helyeken általában $11-13 \text{ }^\circ\text{C}$ között, míg a legmagasabb csúcsok közelében $9-10 \text{ }^\circ\text{C}$ között alakult. Az Alföld déli részén (Szeged környékén) egy foltban meghaladta a $14 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot is (4. ábra). Ebből is látszik a 2024-es év rendkívülisége. A korábbi legmelegebb 2023-as évben még a $13 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot meghaladó terület mérete is kevesebb volt, mint az ország egytizede, és nem jelentkezett $14 \text{ }^\circ\text{C}$ feletti érték.



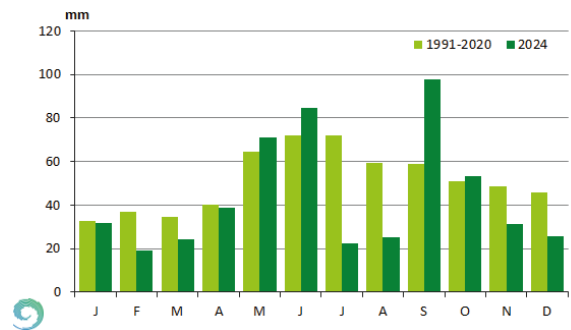
4. ábra. A 2024. évi középhőmérséklet (°C) (homogenizált, interpolált adatok alapján).



6. ábra. A 2024. évi csapadékösszeg (mm) (homogenizált, interpolált adatok alapján).



5. ábra. Az országos középhőmérséklet havi átlagai 2024-ben.



7. ábra. A országos csapadékösszeg havi átlagai 2024-ben.

2024-ben november volt az egyetlen olyan hónap, amikor az 1991-2020-as sokévi átlag alatt maradt a havi középhőmérséklet (5. ábra). A többi tizenegyből négy hónap volt, amikor az anomália mértéke elérte vagy meghaladta a 3 °C-ot. A legnagyobb különbség februárban adódott (+7,0 °C), ezt a március (+3,7 °C), augusztus (+3,4 °C) majd július (+3,0 °C) követte. Az augusztus a 2., míg a többi az 1. legmelegebb lett a 124 éves idősorban, a megfelelő hónapok sorában. Az év felében a középhőmérséklet +1 °C és +2 °C közötti értékkel tért el a megszokottól. A 2023/24-es tél, 2024-es tavasz és nyár egyaránt a legmelegebbnek bizonyult 1901 óta.

Csapadék

2024-ben a csapadék jól látható csökkenést mutat nyugatról-keletre és északról-dél felé haladva. Északon és a Dunántúl legnagyobb részén általában meghaladta az 500 mm-t, míg az Alföld nagy részére ennél kevesebb csapadék érkezett (6. ábra). Az Alföld déli részén és a Tiszántúlon voltak olyan részek, ahol

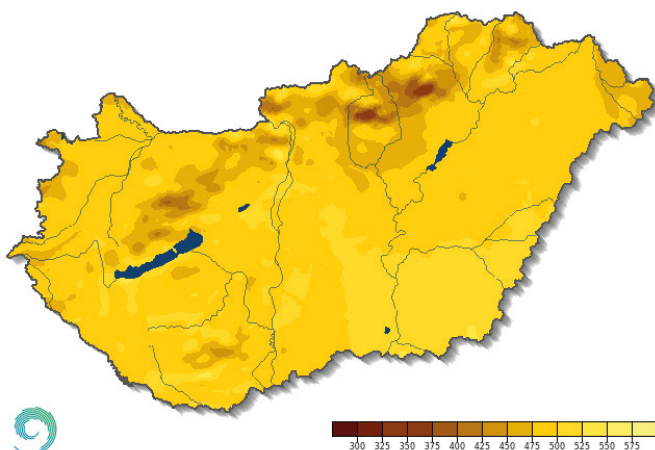
csupán 350-400 mm közötti csapadék hullott. A hegyvidékeken és a nyugati területeken előfordult, hogy az éves csapadékösszeg meghaladta a 700 mm-t. A legmagasabb évi összeget (863,4 mm) Miskolc Lillafüred-Jávorkút állomáson mértük, míg a legkisebb éves értéket (319,9 mm) Derecskén jegyeztük.

2024-ben az országos évi csapadékösszeg 525,5 mm volt, mely az 1991-2020-as sokévi átlag 85%-a, s ezzel a 25. legszárazabb lett 1901 óta. Az év mintegy felében a havi csapadékösszegek 30-70%-kal elmaradtak az 1991-2020-as normáltól (7. ábra). Egy átlagos januárral indult az év, amit egy száraz február és március követett, februárban a fele, márciusban pedig közel a harmada hiányzott az ilyenkor megszokott összegnek. Majd egy átlagos április következett, amit két kissé csapadékosabb hónap követett. Júliusban és augusztusban jelentős csapadékhiány alakult ki, az előbbi a 7., az utóbbi a 9. legszárazabbnak bizonyult 1901 óta. Ezt a száraz időszakot egy csapadékos szeptember követte, a szokásos érték 165%-a adódott, így a 10. legcsapadékosabb szeptember lett az elmúlt

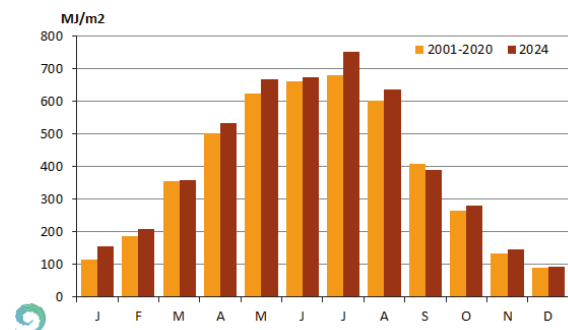
124 évben. A csapadékos szeptember után egy átlagos október jött, majd az 1991-2020-as normálnál szárazabb hónapokkal ért véget az év, novemberben a megszokott mennyiség 65%-a, míg decemberben 56%-a hullott. Az év legnagyobb napi csapadékösszege 127,2 mm volt, amit június 22-én Tiszabercel állomáson regisztráltunk.

Globálsugárzás

A Napból közvetlenül érkező (direkt) sugárzás és az égboltról érkező szórt (diffúz) sugárzás összegét globálsugárzásnak nevezzük. Területi eloszlása a domborzati adottságok mellett az átlagos felhőborítottsággal van kapcsolatban. A legmagasabb értékeket a derült nyári hónapokban, a sokévi átlag szerint júliusban, míg a legalacsonyabb értékeket a gyakran borult téli időszakban decemberben, januárban várjuk. 2024-ben a globálsugárzás éves összege 4886,8 MJ/m²-nek adódott, ezzel több mint 150 MJ/m²-rel haladta meg a 2023-as értéket, a 2001–2020 (20 éves) átlagnál pedig 250 MJ/m²-rel érkezett több sugárzás.



8. ábra. A globálsugárzás éves összege 2024-ben (kJ/cm²).



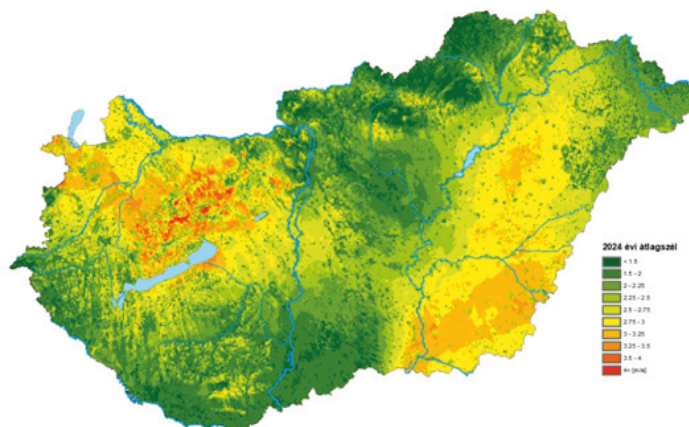
9. ábra. A globálsugárzás évi menete Magyarországon 2024-ben (homogenizált, interpolált országos átlagok).

Az Alföldön sütött a legtöbbet a nap (>500 kJ/cm²), a hegyvidéki területeken volt kevesebb napsütés, ezek közül is kiemelkedik a Bükk, a Mátra (<375 kJ/cm²) és a Bakony (<400 kJ/cm²) (8. ábra).

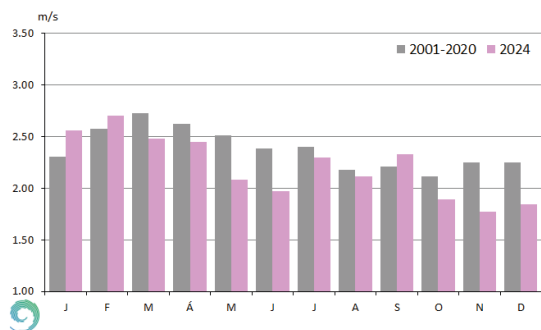
A legmagasabb havi összeget júliusban jegyeztük, ekkor 10%-kal volt magasabb az összeg az átlagnál (9. ábra). Mind a három téli hónapban több volt a besugárzás a megszokottnál, de jelentős különbségek jelentkeztek; januárban 32%-kal, februárban 11%-kal, míg decemberben csak 2%-kal volt több a besugárzás. A decemberhez hasonlóan a március és június teljesen átlagosnak tekinthető, és mindössze egy hónapban, szeptemberben maradt el a globálsugárzás havi összege a megszokottól, ami a szeptemberi csapadékos időjárásnak a következménye (7. ábra).

Szél

A szélsébség évi átlaga hazánk területén többnyire 1,5 és 3,5 m/s között változott, az országos átlag 2001–2020 között 2,6 m/s volt, míg 2024-ben 2,4 m/s-nak adódott. A legmagasabb évi átlagok Északnyugat-Magyarországon voltak jellemzőek, a Dunántúli-középhegységben előfordultak 4 m/s-ot meghaladó értékek is. A síkvidéki területek közül a Kisalföld és a Tiszántúl voltak a legszelesebbek, 3 m/s-ot meghaladó szélsébséggel (10. ábra). A szélsébség éves menetét jól mutatják a sötét oszlopok a 11. ábrán. Január elejétől márciusig növekszik az országos átlag, majd augusztusig csökken, és újra növekedni kezd egészen az év végéig. 2024-ben az országos szélsébségek havi átlagai januárban, februárban (~2,6 m/s) és szeptemberben (~2,3 m/s) meghaladták az átlagot. Augusztus volt az egyetlen hónap, amikor közel átlagos volt az értéke. A legnagyobb



10. ábra. Évi átlagos szélsébség 2024-ben (m/s).



11. ábra. A országos átlagos szélsősebesség havi átlagai 2024-ben.

negatív irányú eltérés novemberben (~0,5 m/s) adódott, melytől alig maradt el a május, június és a december (~0,4 m/s). A legjelentősebb pozitív eltérés januárban adódott (~0,3 m/s), ezen kívül a február és a szeptember volt szelesebb a megszokottnál.

Szélsőségek

A rekordmeleg 2024-es nyár során több hóhullám is sújtotta régióinkat. A legmelegebb a július 9-től 17-ig terjedő időszak volt, amikor a középhőmérséklet országos átlaga 28 fok körül alakult, ezzel mintegy 7 fokkal haladta meg az 1991-2020-as normált. Erre az időszakra esett az év legmelegebb napja is, július 16-án 28,9 °C-os napi középhőmérsékletet rögzítettünk, mely 7,7 °C-kal haladja meg a sokéves értéket. Kelebia állomáson július 16-án 41,6 °C-ot mértünk, ami a 2024-es év **legmagasabb mért hőmérséklete** (IV. táblázat) és egyben új országos napi rekord.

Az átlagosnál jóval enyhébb időjárással indult a 2024-es év, ezt követően január 7-én egy mediterrán ciklon alakította a Kárpát-medence időjárását, majd egy anticiklon épült ki és a hónap közepéig az átlag alatt alakult a napi középhőmérsékletek országos átlaga. Ezt követően az Irén névre keresztelt ciklon okozott jelentős változásokat Európa időjárásában. Hazánkban az enyhébb légtömegek érkezése miatt ónos eső mellett fagyott eső, eső és havazás is előfordult. Az átmeneti enyhülés után január 19-én egy hullámzó frontálzóna haladt át Magyarország felett, mellyel egyre szárazabb és hidegebb levegő áramlott fölénk, így a néhány napig ismét az átlag alatt alakult a napi középhőmérsékletek országos átlaga. Január 10. volt az év **leghidegebb napja**, ekkor **-5,2 °C**-nak adódott a napi középhőmérséklet, ugyanezen a napon Zabarón és január 20-án Kakucs állomáson mértük az év **legalacsonyabb hőmérsékletét, -14,1 °C**-ot (IV. táblázat).

Az augusztus is tartogatott hosszú meleg periódusokat. 8-tól jelentős melegedés, majd újabb tartós hóhullám vette kezdetét, 11-étől másodfokú, 14-től harmadfokú hőségiadót rendeltek el.

17-től forró, nedves szubtrópusi eredetű légtömegek töltötték ki a Kárpát-medencét, ami a csapadék-hajlam megnövekedéséhez vezetett, így augusztus harmadik hetében sokfelé alakultak ki záporok, zivatarok. Intenzív zivatarcellák is előfordultak felhőszakadással, jégesővel, viharos szellőkésekkel. Ebben az időjárási helyzetben csekélyebb volt az éjszakai lehűlés, így a **legmagasabb minimumhőmérsékletet, 27,7 °C**-ot (IV. táblázat) augusztus 17-én mértük Pécs Egyetem állomásunkon. A hóhullám alatt az éjszakai órákban

Elem	Érték	Mérés helye	Mérés ideje
Legmagasabb mért hőmérséklet	41,6 °C	Kelebia	2024.07.16
Legalacsonyabb mért hőmérséklet	-14,1 °C	Kakucs Zabar	2024.01.20 2024.01.10
Legmagasabb minimumhőmérséklet	27,7 °C	Pécs Egyetem	2024.08.17
Legnagyobb évi csapadékösszeg	863,4 mm	Miskolc Lillafüred-Jávorkút	
Legkisebb évi csapadékösszeg	319,9 mm	Derecske	
Legnagyobb 24 órás csapadékösszeg	127,2 mm	Tiszabercel	2024.06.22
Legvastagabb hótakaró	22 cm	Pilisszentkereszt	2024.11.22
Maximális szellőkés	36 m/s	Kab-hegy	2024.09.15

IV. táblázat. Az HungaroMet mérései szerint a 2024-es év szélsőségei, a mérés helye és ideje.

általában 20-25 °C közé esett vissza a hőmérséklet, de az országon belül a legmagasabb értékek augusztus 11-21. között minden nap meghaladták a 23 °C-ot.

Június 21-én tőlünk észak, északnyugatra egy ciklon helyezkedett el, ami 22-én lelassult térségünkben, és így több hullámban érkezett csapadék. Napközben egyre inkább az északkeleti megyékben okozott záporokat, zivatarokat. Estefelé délnyugat felől egy újabb zivatarrendszer érte el az országot, és haladt tovább északkelet felé, a csapadékhullás jobbára az ország délkeleti részét érintette. Távozását követően hajnalban az Alföldön ismét megszaporoztak a zivatarok, heves zivatarok és felhőszakadás is jelentkezett. Az esőben, záporokban, zivatarokban bővelkedő időjárás többnyire az ország keleti felére összpontosult, azon belül is a legtöbb csapadék az északi területeken hullott. Itt helyezkedik el **Tiszabercel**, ahol **127 mm-t** mértünk, ezzel megdőlt a napi csapadékrekord, továbbá ez lett az év **legnagyobb 24 órás csapadékösszege** (IV. táblázat).

Hó szempontjából is érdekesen alakult az év: szokatlan módon november 22-én volt a legvastagabb a **hótakaró**, **Pilisszentkereszten 22 cm-t** mértünk (IV. táblázat). A havazás esetén azt várnánk, hogy a legvastagabb hótakaró valamelyik téli hónapban adódik, azonban elmondható, hogy az elmúlt két évtizedben nem volt ritka, hogy márciusi vagy áprilisi lett a legnagyobb érték. Novemberi érték azonban legutóbb 2008-ban szerepelt a szélsőségekről szóló táblázatunkban, amikor november 30-án Mátraszentlászlón 34 cm-es hóvastagságot mértek, illetve egy évvel korábban november 16-án Kékestetőn 40 cm-es hótakaró alakult ki.

A **maximális szélökést, 36 m/s**-ot szeptemberben mérték a műszereink **Kab-hegyen** (IV. táblázat), ami a Boris ciklon közép-európai jelenlétéhez kötődik.

Érdekességek

Noha a 2023/24-es tél decembere még a 2023-as évhez tartozik, de nem lehet figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy ennek a télnek a középhőmérséklete **3,7 fokkal haladta meg az éghajlati normált**, és ezzel a **legenyhébb lett 1901 óta**. Ezt a kimagasló értéket elsősorban a rendkívül enyhe február okozta, ami 7 fokkal haladta meg az 1991-2020-as átlagot. Érdekes, hogy még **Kékestetőn is fagyponthoz felelt meg az idei tél** (0,5 °C). Területileg vizsgálva pedig elmondható, hogy az ország több mint 4/5-én a 2023/2024-es tél lett a legenyhébb, ez alól csak a nyugati, délnyugati országrész kivétel, ahol a 2006/2007-es tél kevésse, de enyhébb volt. Az átlagosnál melegebb időjárás március-



1. kép. Őszi kalászos Miskolc térségében 2024. március 19-én.
Fotó: Kovács Attila.

ban is folytatódott, már ekkor jóval előrébb járt a vegetáció a szokásosnál, ami a teljes tenyészidőszakra hatással volt, júliusban már három héttel járt előrébb (1. kép).

Április 15-én hajnalban Pécs Árpádtető állomásunkon csak 18,3 fokra hűlt le a levegő, amivel megdőlt a napi legmagasabb minimumhőmérséklet országos rekordja, a délután **Kiszomborban** mért **31,4 fok** pedig nemcsak **új országos napi melegrekord**, hanem az egész 2024-es **tavaszi legmagasabb mért hőmérséklete** is. Ezt követően április második felére drasztikusan megváltozott az időjárás jellege, tartósan a sokéves átlag alá esett vissza a hőmérséklet, és április második fele közel 6 fokkal hűvösebb volt, mint az első. Ez a **legjelentősebb visszaesés a középhőmérsékletben április első feléről a másodikra**, ami a XX. század kezdete óta előfordult. A 15-i hőségnapot követően egy markáns hidegfront érte el a Kárpát-medencét, és okozott havazást a Kőszegi-hegység magasabb részein, melynek következtében néhány centiméteres hótakaró is kialakult. Április második felében több napon fordult elő zápor, hódarazápor, az Északi-középhegység magasabb részein helyenként havazás és átmeneti hótakaró is kialakult (2. kép).



2. kép. Írott-kő 2024 áprilisában. Fotó: Hérics Dávid.

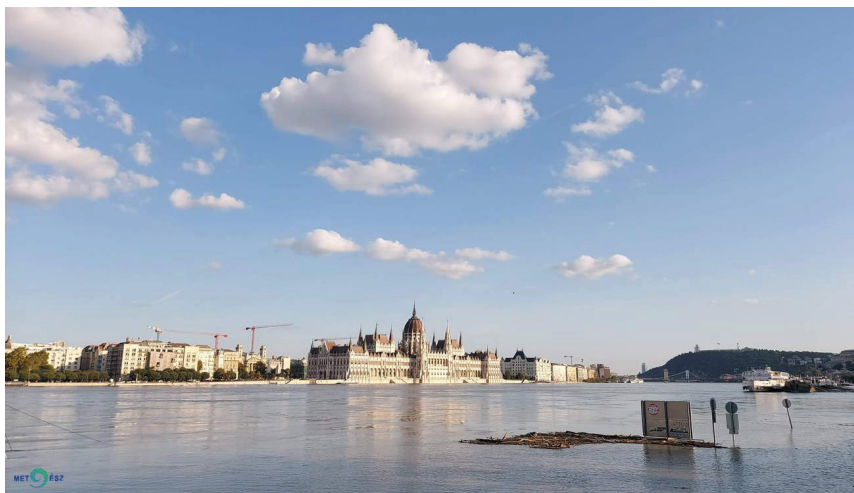
Bővelkedett a nyár hőhullámokban, az első hőhullám június 18–23. között alakult ki, amikor az atlanti partoknál lévő ciklon előoldalán afrikai eredetű forró légtömegek érkeztek hazánkba. **Július 7–19.** között egy hosszú és egyben a **nyár legmelegebb időszakában** volt részünk. Az országos középhőmérséklet minden nap elérte a 25 °C-ot, míg a legmelegebb 3 napon a 28 °C-ot is meghaladta. Augusztus 11–20. között egy, majd néhány nap szünet után augusztus 25-től újabb hőhullám vette kezdetét, mely szeptember első hetében is folytatódott. Az augusztus eleji hőhullám esetén 4 napon meghaladta az országos napi középhőmérséklet a 27 °C-ot, míg a nyárvégi hőhullám 26 °C-on tetőzött. A szokatlan forróság kialakulásában több tényező is közrejátszott: Az egyik egy öngerjesztő

folyamat, mely a telítési vízgőz nyomásának hőmérsékletfüggéséből ered, a felhőzet mennyiségének csökkenésével fokozza a besugárzás növekedését, és ezáltal növeli a levegő hőmérsékletét. A másik ok az ún. Hadley-cella leszálló ágából észak felé „kiszökő” légtömegek megjelenése a mediterrán régióban.

A rendkívül forró és száraz nyár után 2024 szeptemberében a **Boris ciklon** hatására Közép-Európában több napon át **jelentős mennyiségű csapadék zúdult a Duna felső vízgyűjtőjének a területére.** Az esőzés közel egy hétig tartott, és leginkább Ausztria északi részét, Csehországot, valamint Lengyelország délnyugati területeit érintette, ahol néhány nap alatt 200 mm-nél is több csapadék zúdult le. (Alsó- és Felső-Ausztriában volt a legsúlyosabb a helyzet, ahol kiterjedt területeken több mint 300 mm csapadék hullott, amit erős, helyenként viharos északi szél kísért.) Szeptember 10-én érkezett a térségünkbe a Boris névre keresztelt részben trópusi eredetű ciklon, mely csak 17-én kezdett feloszlani. A ciklonhoz tartozó csapadérendszer több hullámban vonult át hazánk felett: a Nyugat-Dunántúlon helyenként 100 mm-nél is több eső hullott, míg az Alföldön általában 50–60 mm esett. A ciklonnal érkező csapadék **rendkívüli folyami árvizet okozott a Dunán** (3. kép).

A ciklonhoz kapcsolódó extrém mennyiségű csapadékhoz képest kisebb volumenű volt a szél megerősödése. Jelentősebb szélvihar szeptember 14-15-én alakult ki a Dunántúl északi területein, amikor az ország nyugati része a ciklon hátoldalára került, és jelentős légnyomáskülönbség épült ki. A **legerősebb szellőkéseket a Kab-hegyen** mérték, 131 km/h (36 m/s), míg a Balatonnál többfelé 100–105 km/h-s szellőkések adódtak.

Madárvonulás szempontjából kifejezetten rosszkor érkezett a Boris ciklon, mivel nem csak nagy mennyiségű csapadékkal, hanem jelentős lehüléssel is járt. A fecskék táplálékát jelentő rovarok hirtelen eltűntek, így a madarak nem találtak kellő mennyiségű ételmet. Minthogy az állatok ebben az időszakban szinte folyamatosan repülnek, ez rengeteg energiájukat emészt fel, ezért az északabbról érkező és még útra nem kelt hazai **molnár- és füstifecske állományokban is jelentős pusztulás** következett be.



3. kép. Az áradó Duna Budapestnél, 2024 szeptemberében. Fotó: Tölgyesi László.

KÖNYVAJÁNLÓ

Érdekes könyvek, időjárási vonatkozással

Európa éghajlattörténete, avagy Bruno Messerli hagyatéka

Christian Pfister – Heinz Wanner (2024): Klíma és társadalom Európában. Az utolsó ezer év. Osiris Kiadó, Budapest, 528.

2024 júniusában jelentette meg az Osiris Kiadó a svájci szerzőpáros Christian Pfister és Hainz Wanner Klíma és társadalom Európában. Az utolsó ezer év című könyvét, amely az európai klíma- és környezet-történeti kutatás legfontosabb összefoglaló munkája. A könyv magyar fordítása a 2021-es német és angol nyelvű kiadást követően, és öt hónappal a francia fordítás megjelenése előtt jelent meg, ami a kiadó szerkesztőinek a tájékozottságát és probléma érzékenységét dicséri. Abban, hogy a két svájci szerzőnek sikerült a korábbi fontos részeredményeket meghaladva, a szakmai közvélemény és a művelt érdeklődő olvasók számára egyaránt érthető összefoglaló kézikönyvet készítenie meghatározó szerepe volt a két szerző párhuzamos életrajzának. Christian Pfister és Heinz Wanner életrajza és tudományos szocializációja azonban oly mértékben párhuzamosan haladt és olyan sok az átfedés, hogy még az is felvethető (kellő fantáziával), valójában nem két emberről van szó, hanem az ideális európai klímátörténészről, akit hardver problémák miatt két testben tárolnak. Pfister 1944-ben, Wanner 1945-ben született. Egyidőben voltak a Berni Egyetem hallgatói, mindketten a geográfus Bruno Messerli tanítványai, és a földrajz volt a közös metszet a tanulmányaik során, a különbözőséget Pfister esetében a történeti stúdiumok, Wannernél pedig a meteorológia jelentette. Messerli, aki egyebek mellett a Berni Egyetem rektora, a Nemzetközi Földrajzi Unió elnöke és a Nemzetközi Geoszféra-Bioszféra Program egyik irányítója volt, nemzetközi jelentőségű földrajzi-ökológiai műhelyt hozott létre a Berni Egyetem Földrajzi Intézetében. Különös fontosságú volt mindkét szerző életében, amikor Messerli Hans Oeschger klímakutató kollégájával megalapította a PAGES (Past Global Changes) programot, amelyben Pfister és Wanner egyaránt közreműködtek. Mindkét szerző a Berni Egyetem Professor emeritusa, és a PAGES társalapítóról elnevezett Oeschger Center for Climate Research kutatója, amely a Berni Egyetem tudományos ökoszisztémájában működik. A könyv

eredeti német verzióját a berni Haupt Kiadó adta ki, amely gyakran vállalkozik tudományos kézikönyvek megjelentetésére, korábban mindkét szerzőnek több tudományos munkáját megjelentette.

A bevezető fejezet tanúsága szerint a szerzők egyik legfontosabb célja a könyv megírásával az volt, hogy az időbeni horizont kiterjesztésével és a történeti példák segítségével felhívják az olvasók figyelmét a jövőbeni klímaváltozás veszélyeire. A kézirat megírása során Pfister és Wanner egyszerre törekedtek közérthetőségre és szakszerűségekre. A szerzők egyetértettek abban, hogy egy könyv léptékű szintézis megírására van szükség, és nem tanulmánygyűjtemény összeállítására, hiszen a svájci közmondás szerint „egy zsák morzsa nem ugyanaz, mint egy kenyér”.

Pfister és Wanner az utóbbi ezer év klímátörténetének rekonstruálására és értelmezésére vállalkoztak, ugyanakkor az Ötziről, az alpesi gleccserjégből kiolvadt újkőkori vadászról írt bevezető esettanulmány lehetőséget adott arra, hogy a szerzők éghajlattörténeti áttekintésüket beilleszték a 11700 éve kezdődött jelenkori felmelegedés, a holocén klímátörténeti kontextusába. Az utolsó kétezer évre már jól definiált éghajlattörténeti kronológiát adnak a szerzők. A római kor felmelegedésének (Roman Age Warm Period) kiegyensúlyozott klímája valamikor 250 táján ért véget, ezt követte a vándorlások korának lehülése (Migration Cool Period) 250 és 800 között, amit a középkori meleg időszak (High Medieval Period) zárt le, és az enyhe klíma kitarott egészen 1300 környékéig. Az utóbbi ezer év meghatározó klímátörténeti periódusa az északi-félgömb kis jégkorszaka (Boreal Little Ice Age) volt 1300 és 1900 között. A kis jégkorszak karakteresen hideg időszakának következtében az utóbbi két évezredet összevetve (a jelenkori felmelegedés ellenére) egyértelműen az első volt a melegebb, és évezredes léptékben a vizsgálat tárgyát jelentő évezred a hidegebb. A jelenkori felmelegedés a 20. század elején kezdődött (Modern Warm Period), viszont a svájci szerzők ezt két alperiódusra bontották. 1988-ig tartott a lassú huszadik századi felmelegedés időszaka (Short Twentieth Century), ami a 80-as évek végétől példátlan módon felgyorsult (Recent Warm Period).

A tradicionális világ gazdaságát a svájci szerzőpáros organikus rendszerként írja le, amelyben gyakorlatilag minden energia a Naptól származik, amelyet a fotoszintetizáló növények átalakítanak kémiai energiává, ami aztán a táplálékláncban mozgási és hőenergiává lényegül át. Ebben a rendszerben a növényi fotoszintézis által évente létrehozott biomassa mennyisége jelentette a kortárs társadalmak által mobilizálható energia felső korlátját. A hozzáférhető energia és nyersanyagok mennyiségét döntően a művelhető földterület kiterjedése és az időjárás alakulása határozta meg. A középkori meleg időszakban (800–1300) mindkét tényező kedvezően alakult, a klíma Közép- és Nyugat-Európában enyhe és kiegyensúlyozott volt, aminek köszönhetően hosszabbá vált a vegetációs időszak és nőtt a művelt terület kiterjedése. Albertus Magnus (1200–80) traktátusának tanúsága szerint az olajfa és a fügefafa nem csak elterjedt a Rajna-vídéken a 13. század idején, de ezek a fák a hidegebb éveket leszámítva többnyire termést is hoztak. Nem véletlen, hogy Szent Bonaventura (1221–1274) ferences szerzetes arról írt, hogy egy olyan korban él, amikor az éhínségek már a régmúlt emlékeivé váltak Európában.

A kortársaknak ugyanakkor valamilyen magyarázatot kellett találniuk az életviszonyok romlására a kis jégkorszak (1300–1900) idején. Abban teljes konszenzus volt, hogy a súlyos természeti csapások Isten büntetései, amellyel a teremtő a bűnös embereket sújtja. Teológiai értelemben minden embernek és közösségnek van/volt egyfajta „bűnszámlája”, minél nagyobb volt ennek az összege, értelemszerűen annál súlyosabb volt a büntetés. Ebben a teológiai felfogásban az egyház feladata a „bűnmenedzsmen” megszervezése volt, amennyiben a kortárs társadalom „tűlköltötte” a bűnszámláját. A probléma legegyszerűbb megoldását a bűnbakképzés jelentette, amelynek az egyik legbeváltabb formája a boszorkányüldözés volt. A késő középkor világában úgy tekintettek a boszorkányokra, mint napjainkban a terroristákra, akikkel szemben (majdnem) minden eszköz, illetve fegyver bevethető. Az első lépést az jelentette, amikor a 15. század derekán az egyházi jogászok kidolgozták az ördögimádat összeesküvéselméletét, amellyel teológiailag is megalapozták az üldöztetéseket, és ilyen módon, Christian Pfister megfogalmazása szerint a katolikus egyház magához ragadta a klímapolitika feletti ellenőrzést.

A környezettörténet korszakolás szerint az organikus gazdaságok kora az ipari forradalommal lezárult, és elkezdődött az ipari gazdaságok kora, amelynek az energiaforrását a fosszilis energiaforrások jelentették, amelyek közül az 1950-es évek végéig a szén volt a meghatározó jelentőségű energiaforrás. Ezen gazdasági bázison épültek ki a globális közlekedési és kommunikációs hálózatok. A terméseredmények továbbra is erőteljesen függtek az időjárás alakulásától, de a növekvő szállítási kapacitásoknak köszönhetően a regionális terméskülönbségek kiegyenlítővé váltak. A harmadik nagy korszak, a fogyasztói társadalmak kora az Egyesült Államokban a második világháború után, Európában pedig az 1960-as években kezdődött el. A meghatározó energiaforrássá pedig a kőolaj, a földgáz és a nukleáris energia vált. Az élelmiszerek termelését alapvetően meghatározza a fosszilis energiák használatán alapuló technológiák hozzáférhetősége. Pfister és Wanner konklúziója szerint az agrárius társadalmakban a gazdasági játéktér kiterjedését a város és környéke jelentette, az ipari társadalmak korában a kapcsolati háló kiterjedt a szomszédos országokra, a fogyasztói társadalmak korában pedig már egy globalizált és integrált világban élünk. Ennek megfelelően a tradicionális világ embere jelenkori energiafelhasználás 11%-val, az ipari társadalmaké pedig egyharmadával gazdálkodott. Ennek a gazdasági növekedésnek ugyanakkor súlyos környezeti következményei voltak, a meghatározó jelentőségű üvegházgáz, a szén-dioxid jelenléte a légkörben az 1900-ban mért 290 ppm-ről a 21. század második évtizedében 410 ppm-re növekedett, és hasonlóképpen nőtt más üvegházgázok, a metán és a dinitrogén-oxid légköri koncentrációja is. Paul Crutzen nyomán az 1950-es években kezdődő exponenciális gazdasági növekedés korát a svájci szerzők az ember korának, antropocénnek nevezik. Az 1988-tól felgyorsuló globális felmelegedést illetően a szcenáriók csak a pesszimizmus mértékében térnek el egymástól. Mindazonáltal reményre adhat okot, hogy a Vatikán 2010-ben engedélyezte a svájci Valais kantonban élő hívek számára a 17. századi körmenet hagyományának a felelevenítését, azzal a különbséggel, hogy a könyörgés célja napjainkban már nem a gleccser elönyomulás, hanem a visszaolvadás megállítása.

Rácz Lajos

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Beszámoló a Magyar Meteorológiai Társaság Szakosztályainak és területi csoportjainak 2024 évi tevékenységéről

A Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) szakosztályainak vezetői évente beszámolnak az adott szakosztály és területi csoport munkájáról a Társaság Választmányának, és rövid beszámolót adnak le írásban az Ellenőrző Bizottság vezetőjének. Röviden ismertetjük a beérkezett beszámolókat 2024-re vonatkozóan, illetve, ennek hiányában felsoroljuk a megtartott előadói üléseket, hogy képet kapjunk a szakosztályok és területi csoportok aktivitásáról.

Az **Agro- és Biometeorológiai Szakosztálynak** két előadóülése volt az év során.

Az első 2024. április 16-án, melynek témája Berényi-díjasok munkásságának bemutatása. Előadók: **Makra László és Barcza Zoltán.**

A második közös szervezés volt a VEAB Agrártudományi Szakbizottság Növénytermesztési és Agrárdigitalizációs Munkabizottságával 2024. október 8-án, melynek témája: Agrometeorológiai jellegű kutatások Martonvásáron.

Az ülésen az alábbi előadások hangzottak el:

- **Fodor Nándor:** Kiszámított klímaváltozás: Klímaszorongástól a klímareménységig
- **Incze Dóra:** Webalkalmazás használata a martonvásári liziméterek adatainak elemzésében
- **Hidy Dóra:** A BIOME-BGCMUSO Biogeokémiai modell: múlt-jelen-jövő
- **Hollós Roland:** Magyar ökoszisztéma és szántóföldi növénytermesztési modellezési tapasztalatok kiterjesztése Közép-Európára
- **Pólyáné Hanusz Borbála:** A VEAB Agrártudományi szakbizottság növénytermesztési és agrárdigitalizációs munkabizottsága aktuális hírei

Az **Éghajlati Szakosztály** a Magyar Hidrológiai Társaság Hidraulikai és Műszaki Hidrológiai Szakosztályával közösen tartott előadóülést 2024. március 13-án, „A 2023-as év meteorológiai és hidrológiai értékelése” címmel.

Az ülésen az alábbi előadások hangzottak el:

- **Marton Annamária, Lakatos Mónika, Izsák Beatrix, Szentés Olivér, Szolnoki-Tótván Bernadett:** A 2023. év értékelése éghajlati szempontból

- **Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila:** A 2023. év értékelése agrometeorológiai szempontból
- **Vaszko András:** Veszélyes időjárási események 2023-ban
- **Csik András:** A 2023. év hidrológiai jellemzése
- **Báder László:** A klimatikus vízmérleg változásai 1961-től napjainkig. Trendek, következmények, lehetőségek

A **Légkördinamikai Szakosztály** és az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság Légkördinamikai és Szinoptikus Meteorológiai Albizottsága 2024. április 23-án közös előadóülést szervezett. **Tóth Zoltán** tartott előadást „What is wrong with forecasts? – A discourse on forecast error” címmel.

2024. június 7-én megtartotta második előadóülését a szakosztály.

Előadó: **Böllöni Gergely**, az előadás címe: Veszélyjelzés és gépi tanulás: kísérletezés a DWD veszélyjelzést segítő nowcasting rendszerével.

A **Levegőkörnyezeti Szakosztály** 2024-ben egy alkalommal szervezett előadóülést. A tavaszi ülésre március 7-én került sor, amelynek témája az ATMO-Plan döntéstámogató eszköz volt. A webes applikáció a HUNGAIRY LIFE IP projekt keretében lett kifejlesztve. A felhasználóbarát eszköz célja a szakpolitikusok munkájának támogatása a Levegőminőségi Tervek kidolgozásához.

Az ülésen az alábbi előadások hangzottak el:

- **Tóth Anita:** Az ATMO-Plan elméleti háttere – mi is ez és mire használhatjuk?
- **Kövesi-Lázár Krisztina:** Az ATMO-Plan két almoduljának gyakorlati bemutatása.

Az ülést követően az érdeklődők kérdéseket tehettek fel a program használatára vonatkozóan.

Az **Nap- és Szélenergia Szakosztály** az év folyamán közös előadóülést tartott a Távérzékelési Szakosztállyal 2024. november 28-án.

Varga György bemutatta a Fotovoltaikus energia-termelés és a szaharai por közti kapcsolatot, **Tar**

Károly pedig „Egy lehetséges módszer a homogénizált szélsőségek adatok energetikai értékeléséről” címmel tartott előadást.

A Szakosztály részt vett kérdések összeállításában az MMT által szervezett kocsmakvízhez. A 100 éves MMT kiadvány részére összefoglalót készített a szakosztály történetéről, valamint részt vett a Vándorgyűlés szervezésében, szórólap tervezésében.

A **Repülésmeteorológiai Szakosztály** beszámolója szerint egy alkalommal, 2024. december 4-én tartott előadóülést a HungaroMet Disztermében. Az ülésen három, a repülésmeteorológia civil és katonai vonatkozásait tárgyaló előadás hangzott el:

- **Steierlein Ákos:** Meteorológiai mérődrón jövőbeli alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben
- **Tuba Zoltán:** Repülés és meteorológia – kicsit másképp
- **Kiss Zsolt Áron:** Repülésmeteorológiai konvektív objektumok számítógépes azonosítása

Az ülést nagy érdeklődés követte, az online résztvevőkkel együtt mintegy ötven szakmabeli kaphatott részletesebb betekintést az érintett témákba.

A **Távérzékelési Szakosztály** az évben két előadóülést szervezett. 2024. május 28-án **Kern Anikó** a MODIS a Sentinel műholdak korában: rügyfakadástól a tölgy csipkésposlokaig előadása hangzott el.

2024. november 28-án közös előadóülést tartott a Nap- és Szélenergia Szakosztállyal.

Közreműködött továbbá kérdések (képek, animációk) összeállításában az MMT kocsmakvízhez és a 100 éves MMT kiadvány részére beszámolót készített a szakosztály életéről.

A **Róna Zsigmond Ifjúsági Kör** közös előadóülést szervezett az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság Légkördinamikai és Szinoptikus Meteorológiai Albizottságával 2024. április 12-én.

Az ülésen két előadás hangzott el:

- **Eun Soon:** Regional climate modelling for assessing anthropogenic influences on extreme heat stress in China.
- **Seon Ki Park:** Towards Superparameterization: Combinational Optimization of Parameters and Parameterization Schemes.

Az előadások után lezajlott a tisztújítás (elnökválasztás). A korábbi ciklusban működő elnök leköszönt, helyette Tóth Boglárkát választotta elnöknek a jelenlévő tagság.

2024. szeptember 18-án megtartotta második előadóülését a szakosztály, melynek témája „A klíma-modellezés kihívásairól – Az Antarktisztól hazánkig”

Az előadó **Dr. Topál Dániel** volt, előadásának címe: Az Északi és déli sarki tengeri jég modellezés az éghajlatváltozás tükrében. **Varga Ákos János** pedig beszámolt a WRF modell regionális klímamodellként történő adaptálásáról a Kárpát-medence térségére vonatkozóan.

2024. december 3-án sikerrel zajlott le a Magyar Meteorológiai Társaság és a HungaroMet Nonprofit Zrt. közös szervezésében megvalósult **Róna Lounge**, amely a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör új kezdeményezéseként jött létre. Az esemény célja az volt, hogy platformot teremtsen az egyetemi hallgatók és fiatal szakemberek közötti kötetlen beszélgetésekre, szakmai kapcsolatok építésére.

A rendezvényen 19 hallgató vett részt, akik több évfolyamot képviseltek, az elsőéves BSc-hallgatóktól egészen a diplomázás előtt álló MSc-hallgatókig. A szakmai oldalt a HungaroMet, a Magyar Honvédség és az ELTE ifjú meteorológusai képviselték, akik tapasztalataikkal, tanácsaikkal támogatták az érdeklődőket. Az esemény lehetőséget nyújtott a résztvevők számára, hogy bepillantást nyerjenek a meteorológia különböző területein dolgozó szakemberek mindennapi munkájába. A beszélgetések során szó esett a szakma aktuális kihívásairól, a különböző karrierlehetőségekről, valamint a résztvevők egyéni érdeklődési területüknek megfelelő gyakorlati tanácsokat is kaptak. A Róna Lounge egy új típusú találkozási formát kíván meghonosítani a meteorológus közösségen belül, amely elősegíti a szakmai utánpótlás és az ifjúsági közösségépítés megerősítését. De hogy mindezt, hogyan is élték meg a fiatalok, azt egy másodéves MSc meteorológus hallgatótól, **Guth Rékától** kérdeztük meg, aki az alábbiak szerint nyilatkozott az első Róna Lounge eseményről:

Tanulmányaim végéhez közeledve bennem is ott motoszkál a gondolat, hogy milyen is lesz valójában meteorológusként dolgozni. Ennek okán különösen vártam ezt a programot, hogy a már szakmában dolgozók által kicsit én is beleláthassak mi is vár rám a diploma megszerzése után. A fiatalos társaságnak köszönhetően, mindenki hamar feloldódott és egy igazán kötetlen beszélgetés alakult ki a jelenlévők között. A szervezők színes feladatokkal készültek számunkra, ami szintén hozzájárult ahhoz, hogy kicsit mindenki jobban megismerje a másikat. Betekintést nyerhettünk, hogy a meteorológián belül ki, milyen szakterületen megszerkeszthessék dolgozik,

mi iránt érdeklődik leginkább és milyen elhelyezkedési lehetőségeink vannak. Mindezt játékos formában. Ami a legjobb, hogy a saját kérdéseinket a bennünk lévő kételyeket is bátran feltehetjük, megoszthattuk és megértő fülekre találtuk, hisz mindannyian jártak már ebben a cipőben. Véleményem szerint az ilyen jellegű esemény mindenki számára rendkívül hasznos és tanulságos, legyen az a képzés elején vagy már a diplomaszerezés közelében járó hallgató. Örülök, hogy részt vehettem ezen az eseményen és a jövőben is szívesen csatlakozok hasonló alkalmakhoz.

A **Debreceni Területi Csoport** 2024-ben egy nagyszabású rendezvényt szervezett, a Társaság XXXIX. Vándorgyűlését. Az operatív szervezés már az év első hónapjában elkezdődött, és a rendezvényre 2024. augusztus 29-31. között került sor. A Vándorgyűlés megnyitó ünnepségének a Debreceni Egyetem Aulája adott otthont, ahol a köszöntők mellett számos plenáris előadás elhangzott. A második nap a Learning Center nagy előadóijában lehetett meghallgatni a szekció előadásokat. Egy rövid városnéző túrát követően a gála vacsora Debrecenben a belvárosi Melange étteremben volt. A Vándorgyűlés utolsó napján, szombaton egy rövid kirándulással egybekötött látogatáson vettek részt az érdeklődők az Agrometeorológiai Observatóriumban, valamint Hortobágyon. A záróebéd a derecskei Almavirág étteremben volt.

Az **Eger-Bükkvidéki Területi Csoport** az év során továbbra is aktív szerepet vállalt a meteorológiai és agrárökológiai témákhoz kapcsolódó tudásmegosztásban. Több szakmai előadás megvalósult, amelyek a klímaváltozás meteorológiai és agrárökológiai vonatkozásait érintették, különös tekintettel az éghajlatváltozás fenntartható mezőgazdaságra és szőlőtermesztésre gyakorolt hatásaira. Szakmai előadások és egyetemi együttműködések tarkították az évet. Az MMT Egri-Bükk csoportja 2024-ben két szakmai előadást szervezett, amelyeken külföldi előadók osztották meg kutatási eredményeiket és tapasztalataikat. 2024. május 7-én **Rukmowati Brotodjojo** tartott előadást "Climate-Resilient and Sustainable Plant Protection in Indonesia" címmel. Célközönség: TTK-s hallgatók, főként földrajz és környezettudomány szakos hallgatók. Témák: Indonézia fenntartható növényvédelmi stratégiái, ezen belül a klímaváltozás hatása a trópusi agráriumra, illetve az alkalmazkodási lehetőségek és fenntarthatósági innovációk. Az előadás betekintést nyújtott a trópusi agrárklíma kihívásaiba

és a fenntartható növényvédelmi megoldásokba, amelyek kulcsfontosságúak az élelmiszerbiztonság és az ökológiai fenntarthatóság szempontjából.

2024. november 21-én a "Klímaváltozás és agrometeorológia vonatkozásai" címmel tartott előadást **Dr. Molnár József**, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász Földrajz és turizmus tanészék vezetője. Célközönség: Szőlész-borász szakos hallgatók. Témák: A klímaváltozás hatása a szőlőtermesztésre, a meteorológiai tényezők szerepe a borszőlő minőségében, és a Kárpát-medencei agrárklímátikus kihívások. Az előadás során a résztvevők átfogó képet kaptak a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásairól, valamint arról, hogy az időjárási szélsőségek miként befolyásolják a borszőlő fenológiai folyamatait és termésminőségét.

Következtetések és jövőbeli tervek 2024-ben: Az MMT Egri-Bükk csoportja Társaság aktívan támogatja a meteorológiai és agrometeorológiai tudásmegosztást. A szakmai előadások révén a hallgatók és kutatók naprakész információkat kaptak a klímaváltozás hatásairól és az alkalmazkodási lehetőségekről. A következő évben az a célkitűzés, hogy bővítse a társaság nyilvános szakmai eseményeit, tovább erősítse a nemzetközi és hazai együttműködéseket, valamint szélesebb szakmai közönséget szólítson meg előadói ülésekkel és tudományos programokkal.

A **Pécsi Területi Csoport** és az MTA MTB Légekfizikai és Levegőkémiai Albizottsága közös felhőfizikai szeminárium (Friday Afternoon Cloud Physics Talk (FACT)) ülést szervezett, 2024. március 22-én. Az előadás nyelve: angol. Az ülésen **Lin Deng** tartott előadást „Does the definition of ice/snow impact the intensity forecast of typhoon cyclone based on global unstructured mesh atmospheric model (GRIST)” címmel. Május 31-én a FACT előadássorozat második előadása került megrendezésre. Előadó: **Szakáll Miklós**, előadásának címe „Laboratory studies on the fragmentation of ice particles by collision”.

A **Szegedi Területi Csoport** egy előadói ülést szervezett az év során. 2024. május 21-én **Bozóki Zoltán**, az ELKH-SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport vezetője „Fotoakusztikus rendszerek fejlesztése földfelszíni és drónos fluxusmérésekhez” címmel tartott előadást. Ezt követően műhelyvitára került sor, melyen a fizika, meteorológia és földtudomány területén megvalósítható tudományos együttműködési lehetőségekről tartott eszmecsere. A Szegedi Területi Csoport az év folyamán a 100 éves Magyar Meteorológiai Társaság

ünnepi kiadványába cikket készített a csoport történetéről, tevékenységéről. Emellett a 2024. február 28-án megrendezett kocsmakvízre kérdéseket állított össze a szegedi csoport tevékenységeivel kapcsolatban. A fentiekben túl 2024-ben is részt vett a választmányi üléseken és közgyűléseken.

A **Szombathelyi Területi Csoport** 2024-ben összesen 7 programot szervezett az éghajlat és az időjárás iránt érdeklődőknek. Mivel közel áll a két téma a földrajzi érdeklődésűekhez, ezért több előadást (2 db) közösen szerveztek a Magyar Földrajzi Társaság nyugat-magyarországi Osztályával. A tavaszi időszakban került sor a Szombathelyi Csoport hagyományos konferenciájára, a 14. Szőlő és Klíma Konferenciára.

A Szombathelyi Csoport előadóülései 2024-ben:

- Január 23. **Bosits Dorna:** Túlélni a klímaváltozást Norvégiában
- Április 20. XIV. Szőlő és Klíma konferencia, Kőszeg, Öregtorony (Chernel utca 16.)

- Április 23. **Aknay Elemér:** A Bakancslista: Route 66 Chicagótól Los Angelesig
- Május 14. **Ertler Alíz:** Állatvilág különböző klímán - Braziliától Kamcsatkaig
- Október 15. **Miletics Péter:** Ökológiai migráció: klímakatasztrófák a történelemben (Magyar Földrajzi Társasággal közös rendezés)
- November 5. **Aknay Elemér:** Bakancslista: Route 66 második rész (Tanítványaink a katedrán sorozat, Magyar Földrajzi Társasággal közös rendezés)
- December 10. **Dr. Kúti Zsuzsanna:** Dzszerba Észak-Afrika legnagyobb szigete, egy kis szaharai kitekintéssel (Ez az előadás betegség miatt elmaradt.)

A Szakosztályok és Területi Csoportok ülésein elhangzott előadások többsége és az előadásokról készült videófelvevételek, valamint fotók, ha készültek, a Magyar Meteorológiai Társaság honlapján elérhetők: www.mettars.hu.



A Róna Lounge résztvevői a HungaroMet disztermében.

*Lencsefelhők a Kőszegi-hegység felett
Magó Joli, FelhőNézők, Répcekéthely*



*Csapadéksáv madártávlatból
Bodrogi Attila, Dél-Alföld meteorológia, Hódmezővásárhely, 2025. március 13.*





ÉGHAJLATVÁLTOZÁS
Nemzeti Laboratórium

klimavaltozas.org



Magyar Meteorológiai Társaság

A Társaság várja tagjai közé mindazokat, akik érdeklődnek a meteorológia iránt, részt kívánnak venni a Társaság rendezvényein, szívesen bekapcsolódnának tevékenységébe.

www.mettars.hu

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ÉS ÉRDEKESSÉGEK
ELŐREJELZÉS, VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS
AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK, ÉGHAJLAT
LÉGSZENNYEZETTSÉG
KÖRNYEZETVÉDELEM



www.met.hu

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

HUNGAROMET NONPROFIT ZRT.